F. THOBOIS

construction d'ensembles de radio-commande

Editions Techniques et Scientifiques Françaises

Construction
d'ensembles
de radiocommande

F. THOBOIS
F. 1038

Construction d'ensembles de radiocommande

(2e édition, revue et corrigée)

Diffusion :
ÉDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS CEDEX 19

SOMMAIRE

Première partie : GENERALITES

Deuxième partie : PRATIQUE DE LA CONSTRUCTION

APPENDICE

1re PARTIE
Généralités

Chapitre 1 PRÉAMBULE

Dans notre société du XXe siècle, les loisirs prennent de plus en plus d'importance. Chaque individu est donc en quête d'une activité satisfaisant sa nature. Le choix en est d'ailleurs si vaste que beaucoup trop ne parviennent pas à se décider et se contentent de « tuer le temps » dans une oisiveté génératrice de mécontentement et de dégoût de soi-même ; et c'est ainsi que l'on peut assister à ces tristes spectacles de jeunes s'enlisant dans des comportements asociaux, négatifs et destructeurs, tandis que d'autres se contentent de « polir le zinc » à longueur de passe-temps, tout en encourageant hebdomadairement cet animal qui se trouve être, paraît-il, la plus belle conquête de l'homme !!

Pourtant, que de passionnantes activités nous offre notre temps : les sports en tous genres, les activités artistiques, le bricolage... Le travail manuel constituant, à notre avis, une partie essentielle de ces activités. En effet, la vie moderne, trop souvent hélas, laisse peu de place à la véritable activité manuelle créatrice. Une bonne partie de notre jeunesse « s'intellectualise » exagérément, passant le plus clair de son temps à essayer d'assimiler des connaissances livresques, qu'elle se hâtera d'oublier, mais sans toutefois ne pas garder cette impression fausse d'une certaine supériorité. L'ouvrier, quant à lui, se voit le plus souvent ravalé au rang de rouage d'un mécanisme dont il n'a pas la vue d'ensemble. Faisant toujours, ou peu s'en faut, le même geste, il n'éprouve aucun plaisir dans un travail qui ne lui demande pas de penser. Pour les uns « intelligence sans travail physique », « travail physique sans intelligence » pour les autres ! Ah ! Heureux homme qui trouve dans son activité cet équilibre entre la main et l'esprit !

L'artisan du temps passé correspondait bien à cette définition. Amoureux d'un travail dont il était le maître et le serviteur, il y trouvait un équilibre que nombre de nos contemporains voudraient obtenir. Mais les temps sont changés et il faut gagner sa vie, pas toujours comme on le souhaiterait. Il est alors impératif de se réaliser autrement et cela nous ramène à notre propos initial : le choix d'une bonne activité de loisir.

Parmi l'immense variété des travaux manuels possibles, il en est un qui présente tant d'attraits que nous l'avons choisi depuis de longues années : c'est la **radio-commande** des modèles réduits !

Passionnante activité dont les mille facettes permettent à chacun de ses adeptes d'y trouver l'épanouissement qu'il souhaite : l'amateur de mécanique se passionne pour les micro-moteurs, les servo-mécanismes, l'électricien pour les relais et les collecteurs, le radio-électronicien a fort à faire avec les émetteurs, les récepteurs et autres décodeurs, le modéliste s'en donne à cœur joie en construisant ses modèles, le maquettiste fignole avec amour sa dernière création, plus vraie que nature, le passionné d'automobile réalise « en réduit » des rêves inaccessibles grandeur nature, le fervent du « grand large » trouve son compte avec ses nombreux navires alors que l'amoureux des nuages y envoie ses merveilleux oiseaux mécaniques.

Le sédentaire réalisera dans le calme de son atelier des engins qui ne fonctionneront que sur son établi. Le sportif, amateur de grand air, au contraire partira dans la nature, escaladera les pentes, planeur à la main, sauvera à la nage un navire en détresse, arpentera les champs à la recherche d'un avion perdu. Le bavard partira tôt sur le terrain pour discuter de la prochaine réalisation qu'il n'aura sans doute pas le temps de mener à bien. Le vantard contera ses exploits... et même un peu plus ! L'original réalisera des engins étranges semblant sortir d'un autre monde !

Connaissez-vous une autre activité aussi riche de possibilités ? Et par dessus tout cela, un **merveilleux** qui fut sans doute à l'origine de notre coup de foudre initial ! Ce petit engin qui évolue docilement à quelques centaines de mètres, si près mais si loin, obéissant fidèlement aux ordres de son maître, sans lien matériel, simplement en effleurant quelques manettes ! Mystère et merveille de la radio, qui nous attirèrent au début, mais qui restent intacts, malgré toute la démystification que vingt-cinq années d'incessante pratique auraient pu apporter. Bien sûr, nous en savons beaucoup plus mais, sur le terrain, la boîte magique entre les mains, tout est oublié et nous sommes repris par cet émerveillement juvénil, en face du miracle de la commande à distance !

Pourtant si miracle il y a, quelle somme d'efforts, de maîtrise, de compétence, faut-il réunir pour réussir de A à Z un vol de modèle réduit d'avion radioguidé ! Et si le « maître d'œuvre » a construit le modèle, fabriqué lui-même son installation radio, installé le tout pour finalement piloter l'engin avec sûreté, ne peut-il pas être légitimement fier ? Aussi quand nous voyons le petit sourire de quelque badaud, en face de ces « grands enfants » qui s'amusent au « petit avion », sourire supérieur de l'ignorant qui sait tout, nous sommes navré... pour lui, navré de constater qu'il n'y comprend rien, navré de voir qu'il passe à côté d'une activité exaltante et enrichissante, sans même le savoir ; navré pour lui, mais content pour nous et pour vous, cher lecteur, car nous sommes persuadé que si vous lisez ces lignes c'est que vous êtes « converti » et déjà membre de la grande famille des amateurs RC.

Bien sûr, dans le fonctionnement parfait d'un modèle radio-commandé, tout est important : le propulseur et la cellule sont des éléments déterminants, mais convenons que le maillon essentiel de l'installation est tout de même **l'ensemble radio.** Pour résoudre ce difficile problème, de trop nombreux amateurs optent pour la solution de facilité qui consiste à acheter tout fait cet ensemble. Mais le but de cet ouvrage est bien au contraire, de vous fournir tous les renseignements et conseils nécessaires à sa fabrication complète par l'amateur lui-même.

Les montages tous **effectivement réalisés** et utilisés, iront du plus simple au plus compliqué. Chacun trouvera ainsi le montage adapté à ses possibilités et moyens financiers. Toutefois nous voulons mettre en garde les lecteurs qui ne verraient dans cet ouvrage que le moyen d'acquérir à moindre frais, un ensemble RC. Ils vont au devant de grosses déconvenues. Le moyen le plus économique de posséder une « télécommande » c'est encore de l'acheter toute faite. En effet, quand on tient compte de l'outillage et des appareils de mesure nécessaires, le prix de revient est lourdement grevé !

Par contre, si l'électronique vous intéresse, si les modèles réduits vous attirent alors cet ouvrage vous permettra de passionnants essais. La diversité et la progression des montages décrits, vous permettront un enrichissement continu et, dans quelques années — la matière le permet ! — vous serez surpris de constater le progrès accompli et la maîtrise acquise. Vous serez ainsi à même, à ce moment, de suivre les évolutions d'une technique qui d'ici là, aura sans doute remis tout ce livre en question !

Chapitre 2 **PRINCIPES DE LA RADIOCOMMANDE**

1. La liaison avec le modèle

Le problème est le suivant : un modèle réduit d'avion, de bateau... se trouve à une certaine distance de son pilote. Celui-ci désire actionner à bord de ce modèle, un certain nombre de mécanismes, permettant de le faire évoluer à son gré.

Il faudra donc « tendre » entre pilote et modèle, un « lien » immatériel susceptible de véhiculer les ordres.

Ce lien est le rayonnement hertzien.

Voyons-en sommairement le principe.

Chacun connaît le principe du transformateur de tension, utilisé en alternatif 50 Hz. (Voir fig. II-1.) Le générateur alimente l'enroulement primaire, lequel engendre un flux magnétique dans le noyau de fer. Ce flux variable induit alors dans le secondaire des tensions 50 Hz, susceptibles d'alimenter la charge R. Le noyau de fer sert de support à l'énergie transmise.

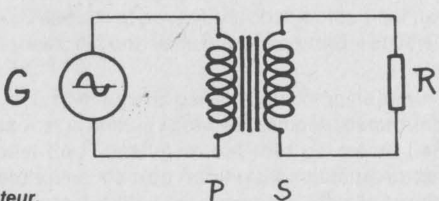


Fig. II-1. — Transformateur.

En augmentant la fréquence du courant alternatif, on s'aperçoit que le noyau de fer devient inutile, voire nuisible. A partir de quelques mégahertz, un simple couplage des deux enroulements par proximité, permet la transmission de l'énergie.

A partir d'une certaine fréquence (100 kHz) un curieux phénomène apparaît : si le secondaire du transformateur T_e débite dans un circuit ouvert, constitué d'une part par

une prise de terre, d'autre part, par une antenne (voir fig. II-2) et si l'on installe à une certaine distance, un dispositif similaire, mais monté symétriquement du premier, on constate que la résistance R est le siège d'un courant alternatif, reproduisant fidèlement les variations de celui de G.

Le circuit du générateur est l'**émetteur** et celui de R, le **récepteur.**

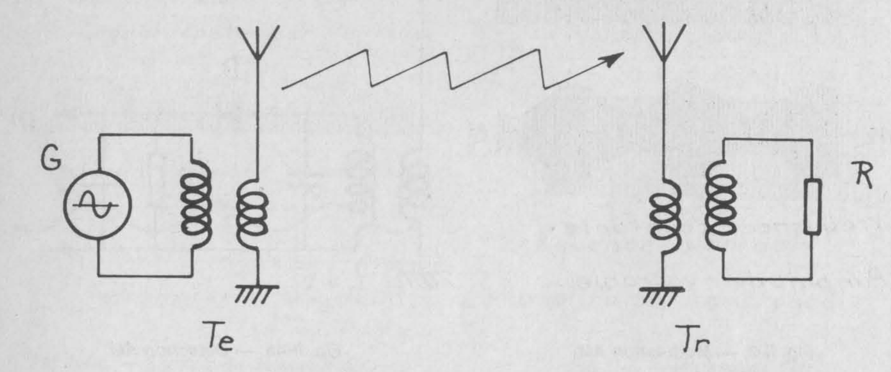


Fig. II-2. — Le rayonnement Hertzien.

Autour de l'émetteur et de son antenne, s'est installé un « champ radio-électrique ». Bien entendu, les courants induits dans R sont très faibles ; ils dépendent de la puissance P fournie par G, de la distance d des deux antennes et de facteurs divers que nous représenterons par k. La puissance p, obtenue dans R, est :

$$p = k \frac{P}{d^2}$$

ce qui signifie que, à une distance donnée, si on double la puissance émise, on double aussi la puissance reçue. Mais pour recevoir, 2 fois plus loin, la même puissance, il faut quadrupler la puissance émise. Ainsi à 1 km d'un émetteur rayonnant quelques watts, on ne recevra que quelques microwatts !

Le rendement est assurément fort faible, mais bien entendu suffisant pour les applications pratiques. Le plus extraordinaire de ce phénomène, c'est que le champ radio-électrique est de l'énergie « en liberté » : le nombre de récepteurs captant l'émission n'a aucun effet rétroactif sur la puissance émise (ce qui n'est pas du tout le cas, dans le transformateur initial).

Le signal HF servant ainsi à établir le lien T_e/T_r est appelé **porteuse,** car il servira à « porter » les informations. Dans notre technique, à porter les ordres. Ce résultat est obtenu par la **modulation** de la porteuse.

Deux moyens d'obtenir cette modulation sont connus et utilisés :

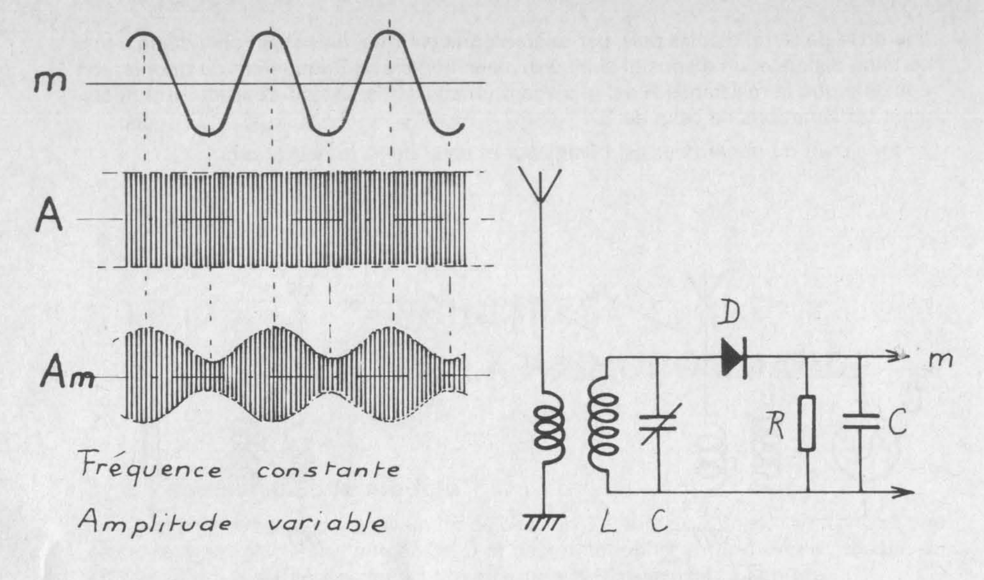


Fig. II-3. — Modulation AM.

Fig. II-4a. — Détection AM.

a) La modulation d'amplitude (AM) — (Voir fig. II-3).

Soit à transmettre le signal m par la porteuse A. Nous nous servirons, à l'émission, de m pour commander la puissance de l'émetteur : on obtient ainsi A_m. On constate que les alternances positives de m augmentent la puissance de A, alors que les négatives la diminuent.

Bien entendu, à la réception, les mêmes variations de puissance seront perçues et il suffira d'un circuit **détecteur,** pour les extraire du signal HF capté.

Un simple redresseur à diode suffit pour cela. (Voir fig. II-4.) Le signal HF comporte des alternances positives et négatives, comme tout signal alternatif. La diode, vu son sens, ne laisse passer que les positives, donnant un courant HF, toujours dans le même sens et qui fait apparaître, aux bornes de R, des tensions positives en phase. (Loi d'Ohm.) Mais le condensateur C, ayant une impédance très faible par rapport à R, court-circuite ces tensions HF. Seules seront décelables aux bornes de R, les variations de niveau, c'est-à-dire le signal modulateur m.

Ce premier procédé fut depuis toujours, le seul utilisé en RC, il est aussi le plus répandu en radio.

b) La modulation de fréquence (FM) — (Voir fig. II-5).

L'émetteur rayonne à puissance constante, mais le signal m à transmettre provoque des variations de fréquence de la porteuse. Ainsi par exemple, les alternances positives de m augmenteront la fréquence porteuse, les négatives la diminueront. Ce glissement

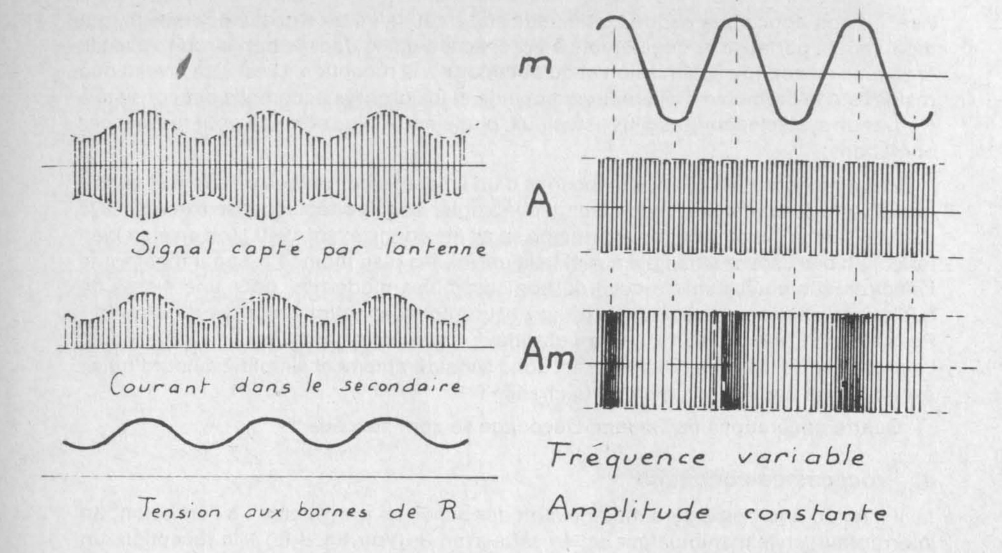


Fig. II-4b. — Signaux du détecteur AM.

Fig. II-5. — Modulation FM.

de fréquence est toujours faible, par rapport à la fréquence centrale. Il est appelé *excursion de fréquence* ou *swing.* En radiodiffusion (bande 88 à 108 MHz de nos récepteurs) ce swing est de ± 75 kHz. En NBFM (Narrow Band Frequency Modulation) c'est-à-dire en FM à bande étroite, utilisée pour les radio-téléphones et pour nous, en RC, le swing ne dépasse pas ± 5 kHz, ce qui représente 0,014 % en 72 MHz. En réalité, nous réduirons encore cette valeur dans les ensembles FM, décrits dans cet ouvrage, ne gardant que ± 2,5 kHz, ceci afin de réduire l'encombrement d'un canal HF.

A la réception, le problème est beaucoup plus délicat : il faut disposer d'un circuit très sensible à ces différences minimes de fréquence et qui extraira de la porteuse, le signal m de modulation. Un tel circuit est un **discriminateur** de fréquence. Nous n'entrerons pas ici, dans le détail de la chose et en reparlerons plus tard.

Les avantages de la FM sont :

- Un meilleur rendement des émetteurs.
- Une meilleure qualité du signal transmis.
- Une meilleure protection contre les parasites.
- Une relative indifférence à pas mal de perturbations et interférences. En particulier, une très bonne protection contre les émissions en modulation d'amplitude.
- Une meilleure résistance à la saturation, lorsque les antennes sont très proches l'une de l'autre.

2. Les ordres et leur exécution

Disposant maintenant d'un moyen éprouvé pour atteindre le modèle, le pilote doit s'en servir pour envoyer ses ordres, en espérant qu'ils toucheront l'organe particulier

visé. Il s'agit donc que chaque commande soit traduite en un signal électrique m, qui modulera la porteuse et qui, détecté à bord, sera aiguillé dans le bon circuit : c'est le problème du **codage** à l'émission et du **décodage** à la réception. C'est à ce niveau que réside tout le problème de la radiocommande et les progrès accomplis ont consisté à trouver un système toujours plus astucieux, plus simple, plus **efficace** pour réaliser ces opérations.

Evidemment en 1975, nous disposons d'un arsenal électronique puissant et certaines solutions complexes dans leur technologie, sont possibles : par exemple « le digital ». Mais, imaginons que le principe en ait été connu avant 1940 ! (on en était bien loin...) Eh bien, soyez sûrs qu'il aurait fallu un volume d'au moins 1 m³ pour loger toute l'électronique équivalente à celle de nos ensembles modernes, pour une masse de quelques dizaines, voire centaines de kg... et une consommation de l'ordre du kilowatt ! Possible peut-être dans un modèle « grandeur », sûrement pas dans un modèle réduit. Le problème de la radiocommande est donc considérablement simplifié aujourd'hui et avouons que nous avons bien de la chance !

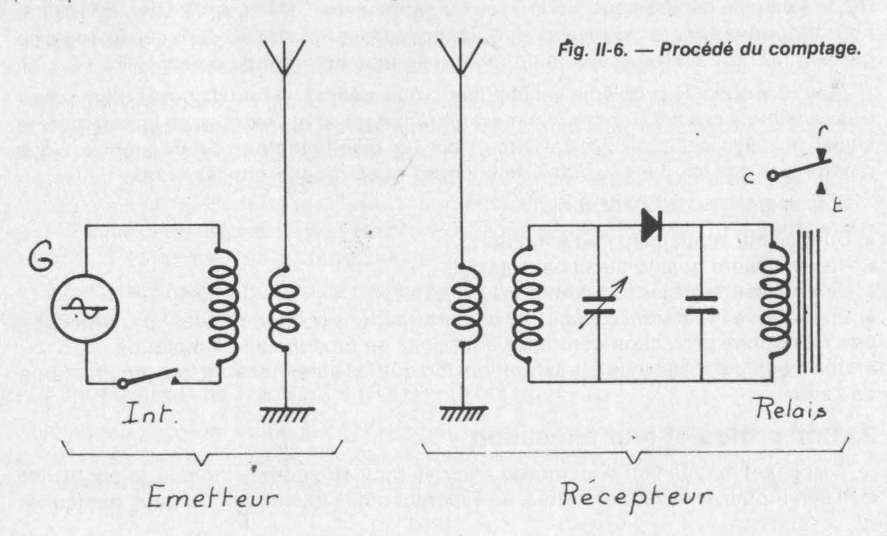
Quatre générations de Codage-Décodage se sont succédé :

a) Procédés de comptage

Il s'agit d'une très légère modification des schémas précédents : à l'émission, un interrupteur, style manipulateur est en série avec G. (Voir fig. II-6.) A la réception, un relais très sensible remplace la résistance R.

En appuyant sur Int., le relais passe au travail. En relâchant, il revient au repos. A bord, il faudra **tout faire** avec ce contact inverseur. Imaginez que, chez vous, vous deviez faire fonctionner tous vos appareils électriques avec **un seul** interrupteur : un coup pour la lampe de cuisine, deux coups pour la lampe de la chambre, trois coups pour la cave ! Ce serait du « sport ». C'est pourtant ainsi que les pionniers de la RC ont pratiqué ! Il fallait donc faire des arrangements électriques ou mécaniques capables de

Fig. II-6. — Procédé du comptage.



compter les impulsions reçues et d'obéir en conséquence. Le téléphone automatique en est encore là ! A grand renfort de relais pas à pas et d'électro-aimants, on en vient à bout !

Cette technique a été particulièrement marquée par l'utilisation de l'**échappement,** assurant la double fonction de comptage et d'action directe sur la gouverne.

- *Echappement mécanique* (Voir fig. II-7).

Une roue à rochet R, propulsée par un écheveau de caoutchouc « remonté » ou par un ressort de « réveille-matin ». Un cliquet C actionné par un électro-aimant et ramené à zéro par un ressort r. A chaque impulsion, la roue tourne d'un quart de tour. Une manivelle déplacée par la roue actionne le gouvernail et le fait passer les trois positions essentielles, de manière cyclique : droite, neutre, gauche, neutre, droite, neutre...

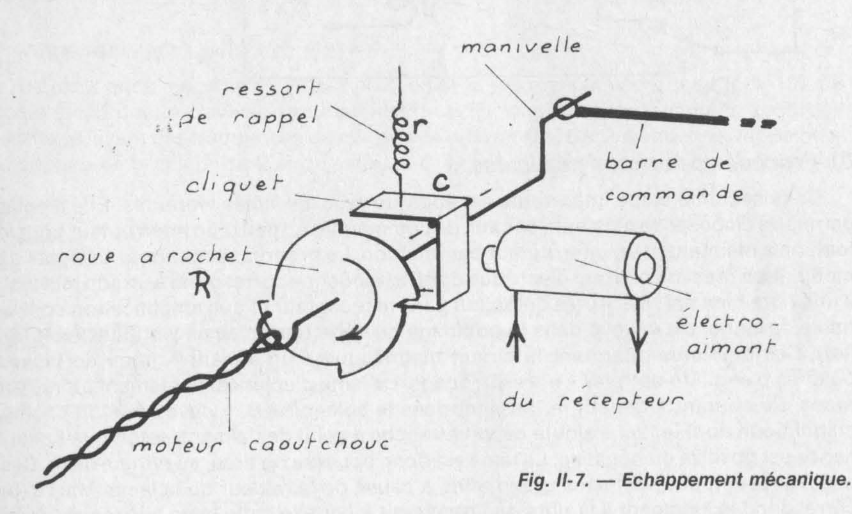


Fig. II-7. — Echappement mécanique.

- *Echappement électrique* (Voir fig. II-8)

Le moteur à caoutchouc est remplacé par un moteur électrique convenablement démultiplié, la roue à rochet par un disque alternativement conducteur et isolant. Lorsque le relais R est au repos, le moteur tourne et s'arrête quand le balai b tombe sur un trou de la piste. Une impulsion très courte sur R, fait tourner légèrement le disque : le balai retouche ainsi la piste conductrice. Le relais, revenu au repos pendant ce temps, permet alors au moteur de tourner jusqu'à ce que b retombe dans le trou suivant. Le résultat est donc identique au précédent : un top fait tourner le disque d'un quart de tour, faisant passer le gouvernail d'une position à la position suivante. Remarquons qu'avec de la dextérité et en connaissant bien son matériel, il est possible d'envoyer un top assez large pour « sauter un trou » et passer ainsi de droite à gauche, sans arrêt au neutre.

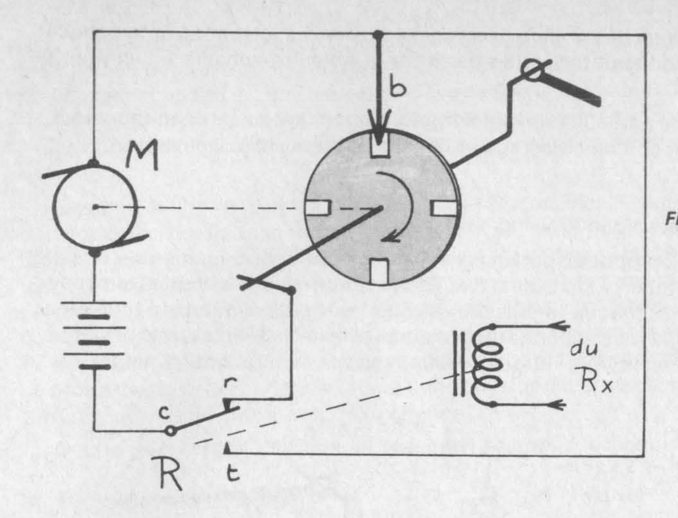


Fig. II-8. — Echappement électrique.

b) Procédés des notes musicales

Cette seconde étape importante est apparue avec *les lames vibrantes.* Elle a enfin permis de disposer de plusieurs **canaux** de commande. Au lieu d'un interrupteur pour le **tout**, on a maintenant un interrupteur par fonction. Le progrès est énorme. Le signal de modulation m est un courant électrique dont la fréquence correspond à un son musical, à une note bien précise. Après détection dans le récepteur et une amplification convenable, le signal est envoyé dans le bobinage du **sélecteur** à lames vibrantes (voir fig. II-9). Ces dernières referment le circuit magnétique d'un aimant A muni de pièces polaires p et p'. Un entrefer « e » est ménagé. La lame d'acier est faiblement attirée au repos. Le courant alternatif m, passant dans le solénoïde B, y développe un champ magnétique dont le flux s'ajoute ou se retranche à celui de l'aimant, selon que l'alternance est positive ou négative. La lame est donc poussée ou tirée, au rythme de m. Ces actions restent pourtant sans grand effet, à cause de la raideur de la lame. Mais si m correspond exactement à la note que donnerait à l'oreille cette lame, pincée du doigt par exemple, alors s'établit le phénomène de **résonance** mécanique : la lame vibre fortement. Les autres lames de dimensions différentes restant immobiles. Un contact c, ayant été disposé en face de la lame, celle-ci touche légèrement à chaque vibration et réalise ainsi un interrupteur vibrant, permettant la commande d'un relais secondaire qui commute les organes d'exécution. Autant de lames différentes, autant de canaux, donc de commandes possibles. On doit cependant se limiter à une dizaine, car d'une part, il faut ménager entre chaque lame un intervalle musical suffisant pour que deux lames consécutives ne vibrent pas en même temps, d'autre part il faut que l'étendue du registre musical utilisé, ne dépasse pas une octave, faute de quoi, deux lames en harmonique vibreraient simultanément.

Procédé très simple, très efficace, les lames vibrantes oht cependant quelques défauts : sensiblité aux vibrations et nécessité d'avoir à l'émission, un générateur de notes **très stable,** car le moindre glissement de fréquence rend la vibration mauvaise, voire nulle.

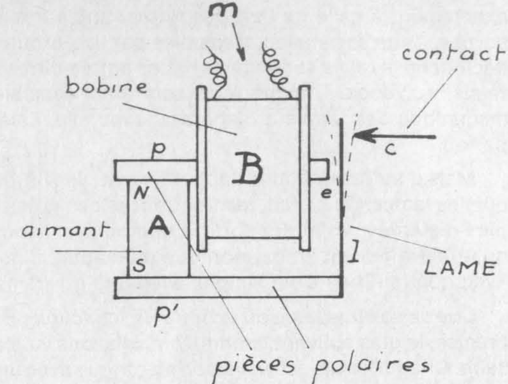


Fig. II-9. — Principe du sélecteur à lames vibrantes.

Vint ensuite le *procédé des filtres BF.*

La résonance mécanique est remplacée par la résonance électrique (fig. II-10). Le signal électrique m traverse simultanément un certain nombre de circuits accordés parallèles, ayant des fréquences de résonance différentes. Cette fréquence, rappelons-le, dépend de la valeur de L et de celle de C. Lorsque la fréquence de m correspond

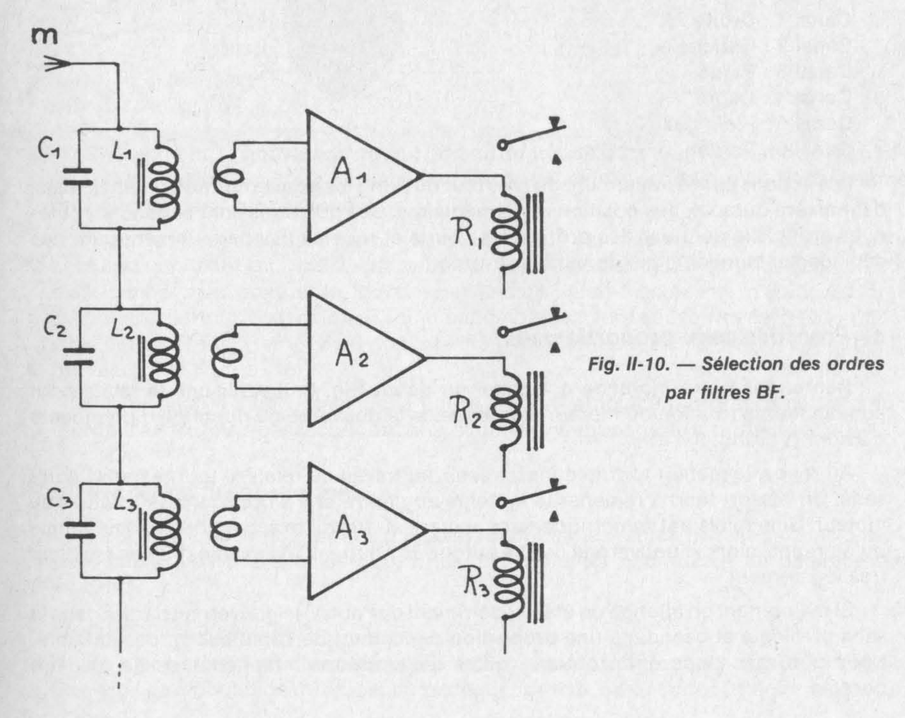


Fig. II-10. — Sélection des ordres par filtres BF.

exactement à celle de l'un des filtres, une surtension importante apparaît entre ses bornes. Cette surtension, transmise par un enroulement de couplage, amplifiée par A, déclenche le relais secondaire R. Les autres filtres sont restés insensibles et les autres relais, au repos. Chaque filtre sera ainsi sensible à sa fréquence propre. Toute la mécanique des lames a disparu et avec elle, l'aléa du contact vibrant. Cela semble parfait.

Mais d'autres difficultés apparaissent : les filtres BF sont beaucoup moins sélectifs que les lames. De ce fait, les fréquences des notes BF utilisées seront donc beaucoup plus distantes : il faudra sortir d'une octave. Mais alors, il faut soigneusement éviter qu'un filtre ne soit en harmonique d'un autre, sinon gare aux réponses simultanées ! Avec quatre filtres c'est simple, avec une douzaine, ça l'est beaucoup moins !

Que ce soit une lame ou un filtre BF, chacune ou chacun commande une action bien précise, le plus souvent, comme nous l'avons vu, par l'intermédiaire d'un relais secondaire. Chaque relais est en liaison électrique avec un **servo-mécanisme** actionnant une gouverne déterminée : il suffit pour cela d'un petit moteur électrique, de quelques engrenages, de cames ou disques de contact. Par exemple, une commande de direction mobilisera deux relais (soit deux canaux) : un relais amènera la gouverne à droite, l'autre l'amènera à gauche. Les deux relais au repos, leurs contacts ramèneront automatiquement la gouverne au neutre.

Il suffit donc de 6 canaux pour contrôler assez efficacement un modèle d'avion :

Canal 1 : Droite
Canal 2 : Gauche
Canal 3 : Piqué
Canal 4 : Cabré
Canal 5 : Plein gaz
Canal 6 : Ralenti.

Les actions sont évidemment du type **tout ou rien :** les gouvernes ne prenant jamais, de manière durable, des positions intermédiaires. Ces positions sont cependant obtenues artificiellement par des ordres très courts et répétés (Bippage) provoquant des déplacements incomplets de cette gouverne.

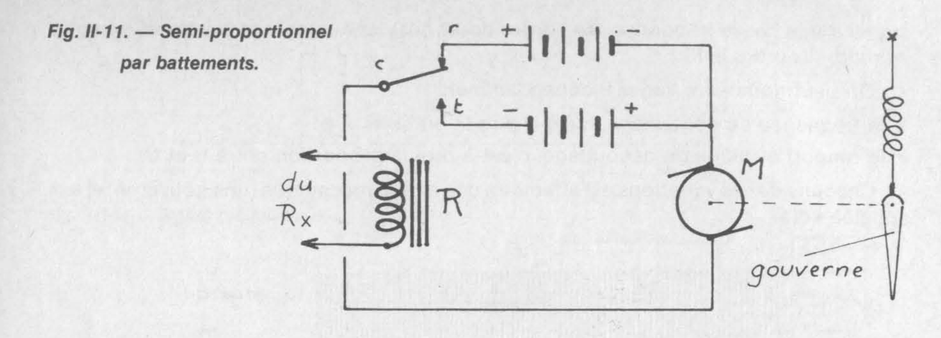
c) Procédés semi-proportionnels

Reprenons notre montage à 1 canal du début (fig. II-6). Utilisons le relais pour commander la rotation du moteur électrique de la gouverne de direction d'un modèle d'avion. (Voir fig. II-11.)

Au repos, le moteur tourne dans un sens, au travail du relais, il tourne dans l'autre sens. Un ressort tend à ramener le système au neutre et à s'opposer à la rotation du moteur. Si le relais bat symétriquement, restant au travail exactement le même temps qu'au repos, alors le gouvernail oscille autour du neutre. L'avion vole droit en frétillant très légèrement.

Si maintenant on allonge un état au détriment de l'autre, le gouvernail partira dans le sens privilégié et ceci dans une **proportion** dépendant de l'ampleur du déséquilibre. Nous pourrons donc enfin obtenir toutes les positions intermédiaires de manière durable.

Fig. II-11. — Semi-proportionnel par battements.



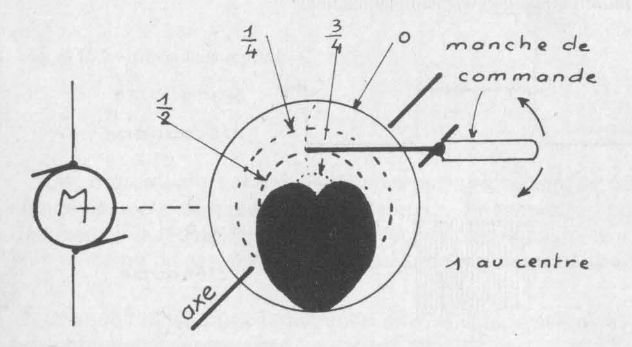


Fig. II-12. — A l'émission, Int. est une came en cœur, permettant l'obtention du rapport cyclique variable.

Evidemment, le gouvernail ne suit pas, au degré près, les déplacements du manche de commande de l'émetteur qui est à l'origine du déséquilibre des durées. D'où le terme modeste de **semi-proportionnel.**

Cette technique séduisante par sa simplicité, n'est malheureusement applicable qu'aux avions légers et... mono-gouvernes. En effet la puissance mécanique disponible n'est jamais bien grande, le fonctionnement du servo-mécanisme n'étant pas très rationnel et surtout l'extension à la commande de plusieurs gouvernes est quasi impossible puisque tout le temps de fonctionnement de l'émetteur est déjà monopolisé par la première.

A l'émission, l'interrupteur de la figure II-6 est remplacé par une came en cœur, tournant à 4 à 5 tours par seconde et provoquant le découpage de la porteuse (fig. II-12).

d) Procédés proportionnels

Le procédé que nous venons d'étudier, marquait la volonté des modélistes d'avoir une action plus fine sur les gouvernes. Il fut bientôt abandonné au bénéfice des suivants.

Proportionnel analogique

Il s'agit simplement d'une adaptation du système précédent, en tout électronique. Le signal de modulation m, calé sur une fréquence fixe, est découpé à l'émission par un

signal à très basse fréquence, de l'ordre de 10 à 20 Hz, variable et à rapport cyclique évolutif. (Voir fig. II-13.)

On peut donc faire varier indépendamment :

- la fréquence de découpage, c'est-à-dire la durée $t_1 + t_2$.
- le rapport cyclique de découpage, c'est-à-dire la proportion entre t_1 et t_2.

Chacune de ces variations est affectée à une action mécanique (une gouverne) et est appelée **voie.**

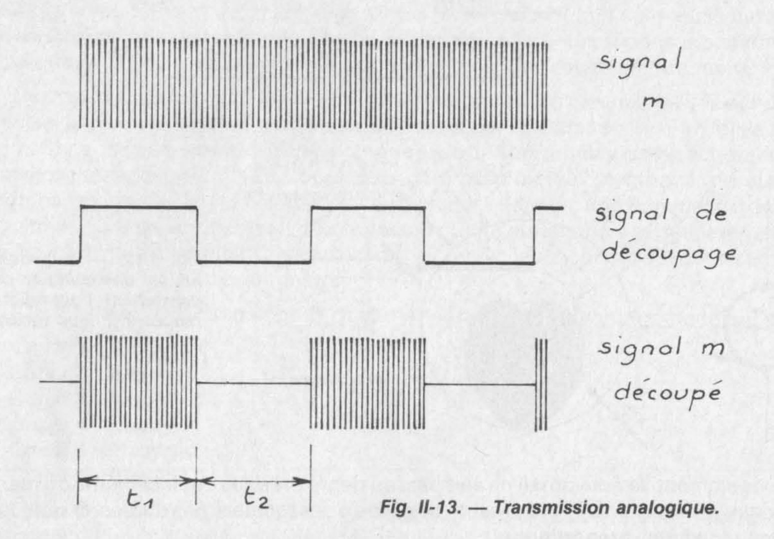


Fig. II-13. — Transmission analogique.

Au récepteur, un **décodeur** assez complexe extrait les deux informations, les transmet aux deux servo-mécanismes qui prennent une position dépendant exactement de chacun des deux paramètres. Nous disposons ainsi de deux voies **proportionnelles.** Les informations issues du décodeur étant des *tensions continues variables;* le système est dit **analogique.**

Le procédé permet, accessoirement une troisième commande en tout ou rien, par exemple, en arrêtant le découpage pendant une fraction de seconde (commande des gaz). Mais aucune possibilité d'extension à un nombre quelconque de voies proportionnelles. Ce fut la raison de son abandon !

Proportionnel digital

Le codeur de l'émetteur fournit un signal de modulation m du type de la figure II-14. L'ordre de position d'une gouverne est donné par la **durée** de chaque temps t : t_1 pour la première voie, t_2 pour la deuxième voie, etc.

L'ensemble des impulsions délimitant les temps t constitue une **séquence.** Il faut évidemment une impulsion de plus qu'il n'y a de voies. (Ex : 5 impulsions pour les 4 voies de la figure II-14.)

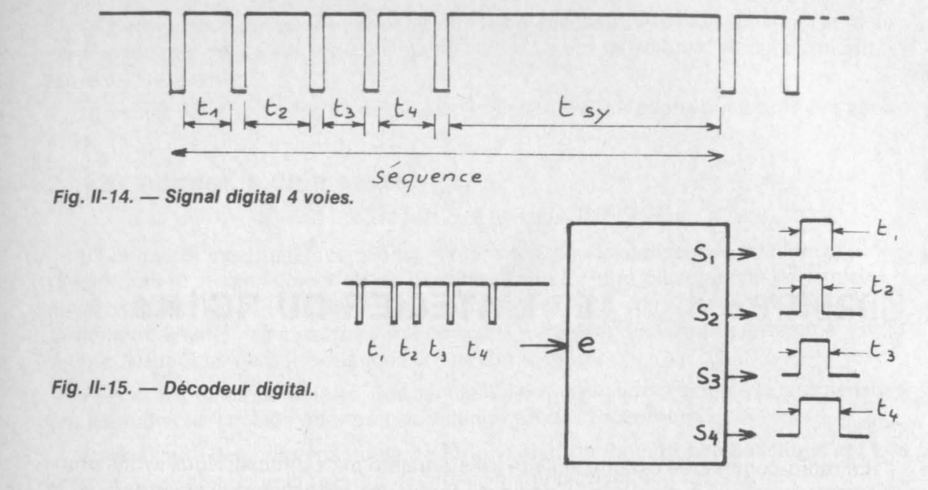


Fig. II-14. — Signal digital 4 voies.

Fig. II-15. — Décodeur digital.

Les ordres sont continuellement répétés, à raison de 50 fois par seconde. Les séquences sont séparées par des temps t_{sy}, nécessaires pour la remise à zéro du décodeur, à la réception. Ce dernier, recevant le signal m, le « décodera » et aiguillera vers chacune de ses sorties, le temps t correspondant à la voie concernée. (Voir fig. II-15.)

Chaque créneau positif est enfin envoyé vers le servo-mécanisme de la voie et le positionne en conséquence.

Il ne s'agit plus de tensions continues, mais d'impulsions calibrées à deux niveaux, l'un bas, l'autre haut (0 ou 1) d'où le nom, quelque peu impropre d'ailleurs, donné au système : **digital.**

Quoi qu'il en soit, le résultat est l'obtention d'un procédé de contrôle très précis, simultané pour toutes les voies et parfaitement proportionnel. Le nombre de voies peut être aussi grand que nécessaire. Pratiquement, en modélisme on se limite à six, ce qui est déjà beaucoup, permettant sur un avion, par exemple :

Voie 1 : Ailerons
Voie 2 : Moteur
Voie 3 : Profondeur
Voie 4 : Direction
Voie 5 : Train rentrant
Voie 6 : Volets d'atterrissage ou pointeau moteur.

Comme nous l'avons dit, nous sommes persuadés que la RC a enfin une technique définitive et que les seules modifications à venir se rapportent à l'évolution des composants. Mais le principe restera !

Parfait pour l'avion, le Digital est trop puissant pour le bateau, pour lequel le Tout ou Rien suffisait 99 fois sur 100. Cette évidence nous conduira à reprendre cette technique, pour des ensembles essentiellement « bateaux ».

Chapitre 3 I. L'ATELIER DU RC'iste

La radio-commande est une activité passionnante mais difficile. Nous avons pratiqué, depuis un quart de siècle, à peu près toutes les branches de l'électronique, la télévision côté récepteur et côté caméra, la basse fréquence, les appareils de mesure... mais nous restons persuadés que rien n'est plus délicat que la réalisation d'un ensemble RC ! Car on y affronte tous les problèmes : la VHF, les émetteurs, les récepteurs, les impulsions, les batteries, les parasites, les relais... et pour couronner tout cela... la mécanique et tous ses traquenards. Enfin, lorsque tout fonctionne correctement, on installe le matériel dans un avion dont le moteur semble s'ingénier à remettre l'ensemble en pièces détachées !!!

Non, rien n'est facile, en radio-commande ! La technique n'est pas banale ! C'est un **art** (n'ayons pas peur des mots !) et bien de notre temps !

Mais, la véritable gageure de la RC, c'est qu'elle est pratiquée par des amateurs, presque toujours sans compétences particulières et sans moyens techniques ! (Les professionnels de la RC sont souvent des amateurs ayant « mal tourné » !!). S'il est vrai que c'est « la foi qui sauve », sans doute les RC'istes y croient-ils d'autant plus, puisqu'ils arrivent, malgré tout, à certains résultats.

Soyons tout de même sérieux ! **L'électronique** est une grande dame qu'il faut traiter avec respect. Si vous voulez vous lancer dans l'aventure, préparez donc soigneusement votre voyage, en vous entourant de tout ce qui est nécessaire. Nous allons donc, dans les lignes ci-dessous vous indiquer ce **minimum.**

1. Petit outillage de base

C'est celui du parfait petit bricoleur. Nous n'en donnerons pas une liste fastidieuse mais rappellerons que le réalisateur d'ensembles RC sera amené

— *à travailler la tôle* lors de la réalisation de ses boîtiers. Il lui faudra donc tracer, découper, percer, plier.

— *à réaliser des circuits imprimés* (voir plus loin).

— *à câbler ces circuits* avec fer à souder, pinces... etc.

— *à les mettre en service* et à les **vérifier.**

Et c'est surtout sur ce dernier point que le bât blesse, car le plus souvent l'amateur ne dispose que de ses yeux, de ses mains et de... sa bonne volonté, ce qui est manifestement insuffisant !

Un minimum d'appareils de mesure est indispensable. Voyons quels sont ces appareils.

2. Les appareils de mesure

a) Le CONTRÔLEUR UNIVERSEL

Il permet les mesures de tensions, d'intensités, de résistances, de condensateurs... C'est l'outil n° 1, sans lequel **on ne peut rien faire !!** Point n'est besoin de choisir un appareil de laboratoire : un bon modèle faisant 20 kΩ/Volt, voire même 10 kΩ/Volt, suffit largement. En effet les mesures sur les circuits transistorisés à impédances moyennes ne requièrent pas de performances en ce domaine.

Par contre, en ampèremètre, une sensibilité de 50 μA, sur la gamme la plus sensible est souhaitable, car très utile pour le réglage fin des récepteurs.

Une mesure des condensateurs de forte valeur, par la méthode balistique est très intéressante, ainsi que la mesure des résistances élevées et... basses.

A titre purement indicatif, nous utilisons le modèle 819 de Centrad, qui nous donne satisfaction sur tous ces points, mais auquel nous reprochons une difficulté certaine de lecture, provoquée par les nombreuses échelles.

b) L'OSCILLOSCOPE

Si réellement, vous voulez travailler intelligemment et avec profit, il faut acquérir cet appareil ! Non indispensable dans le cas des ensembles simples, à lames ou à filtres, il est **impensable** de s'attaquer au digital sans oscilloscope !

Combien de fois, des amateurs désespérés, après des jours, des semaines, de vaines tentatives, sont-ils venus nous voir, avec leur ensemble rétif. Presque toujours, en

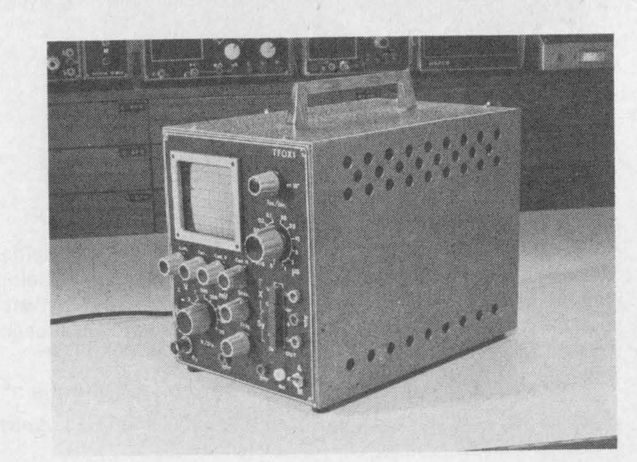


Photo III-A. — Un bon petit oscilloscope à base de temps déclenchée et ampli vertical étalonné à été décrit par l'auteur dans les numéros 1614 à 1629 de la revue « Le Haut-Parleur ».

quelques minutes, la cause du mauvais fonctionnement, sinon le remède, était trouvée. Il suffit d'un minuscule accrochage dans l'émetteur, pour ne rien tirer d'un montage, pourtant soigné. Evidemment, avec notre aide, ces amateurs en sont sortis, mais après, ils en étaient toujours au même point : Au prochain montage, la moindre difficulté les arrêtera encore !

Donc, pas de tergiversations ! L'oscilloscope est indispensable sur la table de travail. Point n'est encore ici, besoin d'un appareil très performant, d'un super-engin passant les dizaines de mégahertz et valant son pesant d'or !

Passons en revue les caractéristiques nécessaires :

- Bande passante verticale : 1 MHz suffit.
- Fréquence maximale de la base de temps : 25 kHz suffisent.
- Base de temps relaxée. La déclenchée est un luxe dont on peut se passer.

Il s'agit donc d'un engin très modeste et de petit prix ! On trouvera d'ailleurs des descriptions d'appareils convenant parfaitement dans les revues spécialisées : par exemple, le RP701, décrit dans « *Radio Plans* » en 1974 et le TOX1, décrit dans « *Le Haut-Parleur* » en 1977, par l'auteur.

Les descriptions qui suivront, concernant des ensembles complexes, supposeront « ipso facto » la possession d'un oscilloscope par l'amateur.

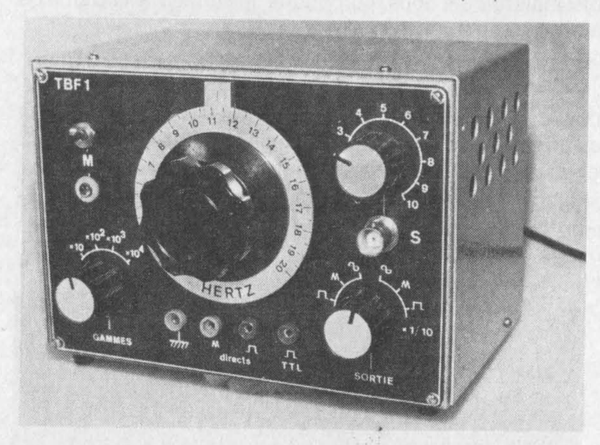


Photo III-B. — Le TBF1 est un excellent petit générateur BF. Il délivre des signaux rectangulaires, triangulaires, sinusoïdaux, de 200 Hz à 200 kHz. (Description dans le Haut-Parleur.)

c) Le GÉNÉRATEUR BF

Appareil qui délivre des signaux rectangulaires, sinusoïdaux, parfois triangulaires, d'amplitude connue et de fréquences comprises entre quelque 25 Hz et 100 kHz. Surtout utile pour la réalisation des ensembles à filtres BF, il n'est pas réellement indispensable, mais constitue un complément très utile de l'oscilloscope, avec lequel il permet une foule d'essais et de mesures.

Certains de ces générateurs sont très simples : Voir le n° 1239 du HP.

D'autres sont un peu plus compliqués : Voir le TBF1, décrit lui aussi dans le HP, en 1975, par l'auteur.

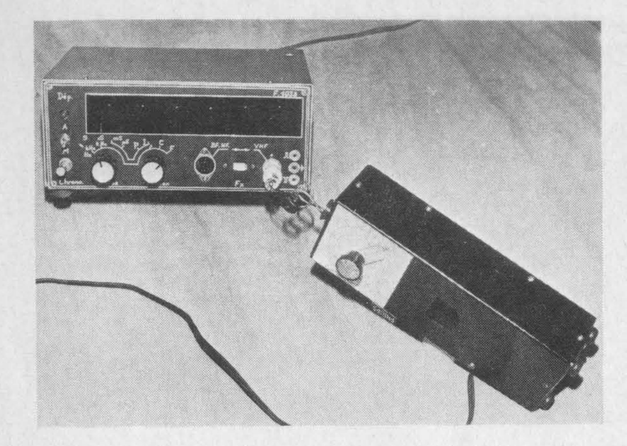


Photo III-C. — Le grid-dip / oscillateur est une aide précieuse pour l'amateur travaillant en VHF.

d) Le GRID-DIP

Petit appareil permettant la mesure rapide et précise des fréquences de résonance des circuits accordés O.C. et VHF. Il est bien utile en RC, où l'on doit souvent réaliser de petits bobinages, dont il est possible alors de vérifier très vite les caractéristiques. Non indispensable cependant.

Un excellent grid-dip a été décrit dans le n° 1511 du HP.

e) Le FREQUENCEMÈTRE numérique

Appareil de « grand standing » permettant de mesurer instantanément et avec une très grande précision, les fréquences de tous les oscillateurs, de la BF aux VHF. Un modèle simple est abordable par l'amateur. Très facilement réalisable, il constitue une application de choix des circuits intégrés numériques (ou digitaux). L'auteur a décrit

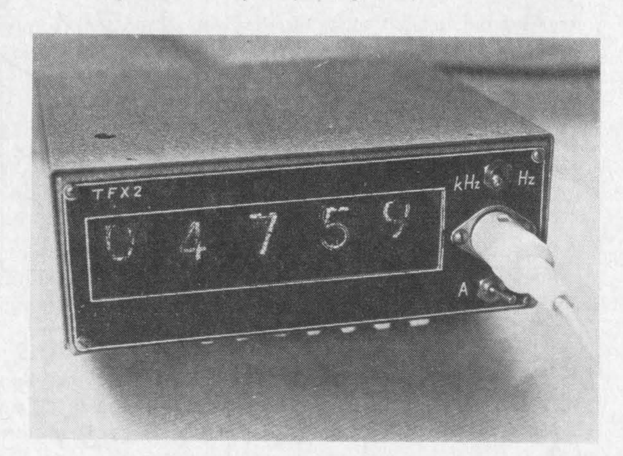


Photo III-D. — Le TFX2 est un petit fréquencemètre que l'auteur a décrit dans la revue « Le Haut-Parleur ». Il mesure les fréquences de 1 Hz à ...250 MHz.

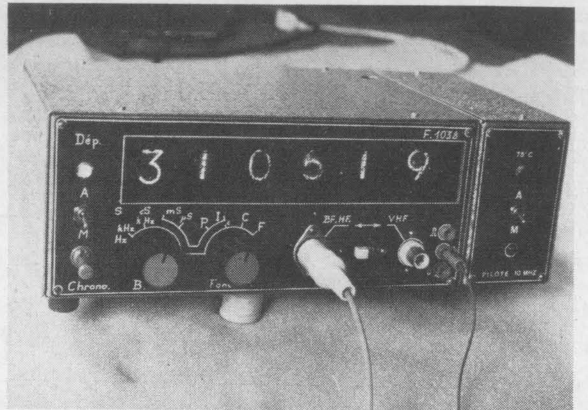


Photo III-E. — Le TFX1 a été décrit dans les mêmes conditions. Plus élaboré, c'est à la fois un fréquencemètre, un périodemètre, un impulsiomètre et un chronomètre.

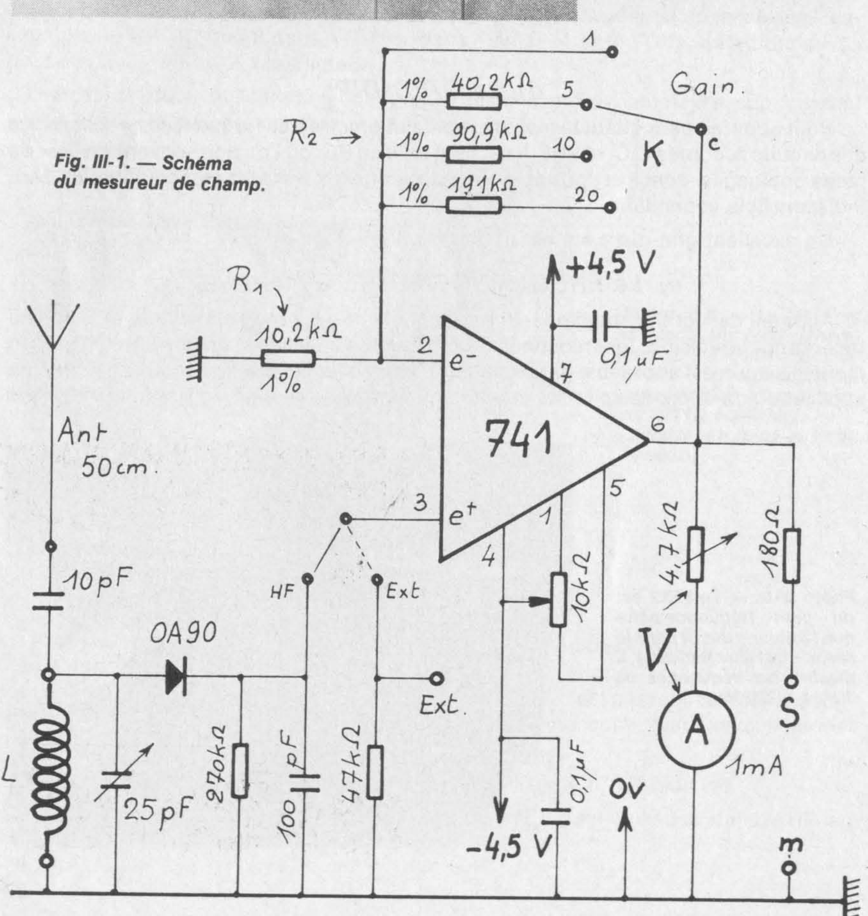


Fig. III-1. — Schéma du mesureur de champ.

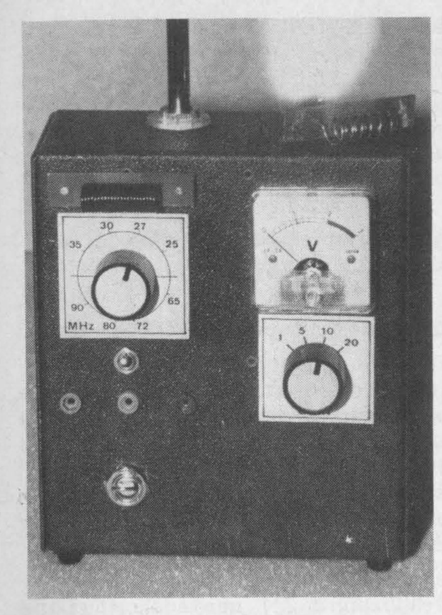


Photo III-F. — Aspect du mesureur de champ entièrement terminé.

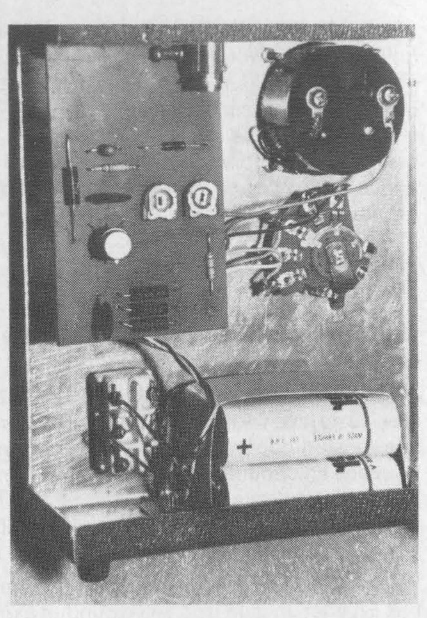


Photo III-G. — Vue de l'intérieur du mesureur de champ : c'est vraiment un appareil simple !

dans le *Haut-Parleur,* deux fréquencemètres : Le TFX2, modèle économique, ne mesurant que les fréquences (jusqu'à 250 MHz toutefois) et le TFX1 plus sophistiqué, permettant en plus des mesures de fréquences, celles des durées des impulsions, mesures fort utiles en RC, on s'en doute.

Le fréquencemètre numérique n'est, certes pas indispensable, mais il change complètement l'échelle des possibilités de l'amateur averti. A ceux-là donc, nous le recommandons vivement.

f) Le MESUREUR de CHAMP

Il s'agit d'un petit appareil très bon marché, permettant non pas de « mesurer » le champ radio-électrique d'un émetteur, comme son nom pourrait porter à le croire, mais simplement de l'apprécier, ce qui est déjà beaucoup !

C'est cette fois, un appareil **indispensable** à l'amateur RC. Le modèle que nous allons décrire ci-dessous aura ainsi le privilège double, d'ouvrir la série des descriptions pratiques de cet ouvrage et de vous rendre service à tout moment !

Etude du schéma (Voir fig. III-1).

L'antenne attaque un circuit de détection accordé sur la fréquence à recevoir. Deux circuits accordés sont prévus : l'un pour la gamme 27 MHz, l'autre pour la gamme 72 MHz. Le faible courant résultant de la détection est envoyé à l'entrée d'un composant

« miracle » **l'amplificateur opérationnel** intégré. Il s'agit d'une pastille comportant une bonne dizaine de transistors, montés en amplificateur et encapsulés dans un boîtier guère plus gros que celui d'un transistor ordinaire. Le fait est déjà remarquable, mais quand on saura qu'un tel AmOp nous garantit un gain parfaitement prévisible et indépendant, dans une très large mesure, des tensions d'alimentation et de l'environnement, on comprendra qu'il s'en utilise de par le monde, quelques millions chaque année ! Le gain est, dans le montage de la figure III-1, défini entièrement par les résistances R_1 et R_2 :

$$G = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

R_2 est commutable par K et permet ainsi d'avoir des gains de 1, 5, 10 et 20. La tension de sortie est lue par un voltmètre V.

Connaissant cette tension de sortie et le gain choisi, il est possible d'avoir une idée précise de la tension HF détectée. Ainsi, si nous lisons 0,45 V, en gain 10, cela équivaut à une tension continue de 45 mV à l'entrée du 741. En première approximation, nous pouvons en déduire que la tension HF reçue est de l'ordre de 45 mVeff. Ce qui ne veut pas dire grand-chose en soi, mais permet de faire des mesures comparatives sûres. Le voltmètre est normalement incorporé à l'appareil, mais il est plus économique d'utiliser le contrôleur universel que l'on possède déjà.

En utilisation pratique, il faudra toujours travailler avec le gain le plus faible possible. En effet un gain trop élevé conduit à une saturation du 741 : une variation du signal HF reçu risque alors de passer inaperçue.

L'appareil de mesure peut être remplacé par l'oscilloscope, permettant lui-même une mesure du niveau HF s'il passe la composante continue, mais donnant surtout une image fidèle de la qualité de modulation de l'émetteur, renseignement très précieux, car il conditionne le fonctionnement de tout l'ensemble.

Un casque ou un écouteur, branché en sortie, transforme le mesureur en récepteur, facilitant les vérifications, particulièrement pour le travail sur les ensembles à lames et à filtres, pour lesquels l'écoute de la note émise est un renseignement utile.

Liste des composants

1 LM741CH ou μA741 ou TBA221...	1 R 191 kΩ 1 %
1 OA90	1 potentiomètre ajustable EO86 10 kΩ couché
+ 1 galvanomètre 1 mA	1 potentiomètre ajustable EO86 4,7 kΩ couché
1 petit CV 25 pF	1 C 100 pF céramique
1 contacteur 1 circuit 4 positions	2 C 0,1 μF GFO 12 V
5 douilles de 2 mm	1 inverseur 1 circuit 2 positions
1 R 180 Ω 5 %	1 interrupteur 2 circuits
1 R 47 kΩ 5 %	2 piles 4,5 V
1 R 270 kΩ 5 %	1 circuit imprimé
1 R 10,2 kΩ 1 %	1 boîtier
1 R 40,2 kΩ 1 %	
1 R 90,9 kΩ 1 %	

Le circuit oscillant déconnecté par un inverseur, une prise directe permet l'utilisation du 741, en amplificateur « de secours ». A la faveur de certains essais, cette facilité sera certainement appréciée. Utilisé devant un oscilloscope au gain vertical faible, il en augmentera les performances. Cependant la bande passante du 741 étant de l'ordre de 100 kHz, il faudra en tenir compte, dans ce cas. (Ze = 47 kΩ).

L'alimentation du 741 requiert deux piles de 4,5 V, donnant 9 V avec point milieu à la masse. La consommation est très faible (3 à 4 mA) aussi les piles s'épuiseront-elles plus par vieillissement que par débit.

Voilà donc un petit appareil simple, pratique, très économique et que chacun se doit de posséder. Nous y ferons référence dans le courant des chapitres suivants.

Réalisation

Nous allons profiter de cette première fabrication, pour donner une fois pour toutes, les indications nécessaires à la confection des boîtiers et des circuits imprimés. Par la suite, pour d'autres montages, nous pourrons alors passer rapidement sur ces détails.

a) Boîtier. — Tous les détails en sont donnés en fig. III-2.

Se reporter en fin de ce chapitre, paragraphe « Fabrication des boîtiers » pour tous renseignements concernant ce travail. La photographie III. F. permet de se rendre compte de l'aspect extérieur de l'appareil terminé et aidera à réaliser la face avant. Bien entendu, cela est purement indicatif et fonction des goûts de chacun. Nous avons gainé notre mesureur de champ, mais pour un appareil de mesure, une peinture givrée ou martelée est du meilleur effet.

b) Le circuit imprimé. — La figure III-3 en donne les dimensions et le tracé.

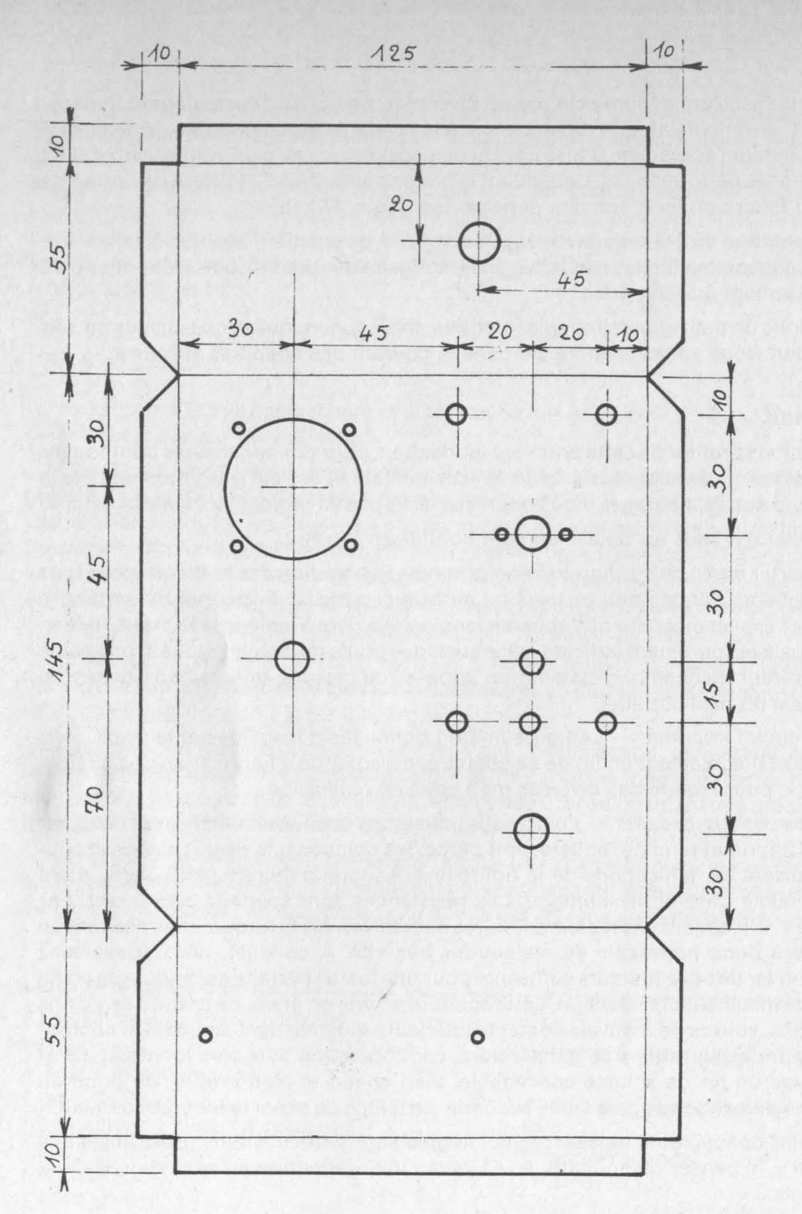
Se reporter également en fin de ce chapitre, paragraphe « Fabrication des circuits imprimés », pour l'étude des diverses méthodes de réalisation.

c) Pose des composants. — Le CI (nous utiliserons cette abréviation, pour désigner un circuit imprimé) terminé, entièrement percé, les composants seront placés et soudés, en suivant les indications de la figure III-4. Aucune difficulté particulière, étant donné la faible densité du montage. Les résistances sont soudées bien à plat. Les modèles à 1 % n'aiment pas les températures excessives, faute de quoi elles dérivent un peu : il sera donc préférable de les souder très vite. A ce sujet, nous conseillons d'utiliser un fer de taille toujours suffisante pour une fusion parfaite de la soudure en fil. Avec un fer insuffisamment chaud, cette soudure se met en grain, ne prend pas, donne des collages, source de mauvais contacts ultérieurs et finalement soumet les composants à de fortes élévations de température, car l'opération dure trop longtemps. Par contre, avec un fer de volume convenable, bien chaud et bien propre, un point de soudure ne demande pas plus d'une seconde : le temps de poser le fer pratiquement.

Les semi-conducteurs et les circuits intégrés sont particulièrement sensibles à la « canicule ». Y penser en soudant le 741 et la OA90. Attention au sens de ces deux composants.

Souder les fils souples de liaison vers le commutateur de gain, vers l'interrupteur de marche/arrêt, vers l'inverseur d'entrée. (Ces derniers seront les plus courts possibles).

Le condensateur variable est soudé directement sur le CI, côté cuivre, à un endroit tel, que celui-ci prendra une place normale, l'axe du CV passant par le trou prévu dans le



Pliages vers l'avant.
Diamètres selon les pièces.
Fond : simple tôle pliée en U

Fig. III-2. — Boîtier du mesureur de champ.

50 x 89 mm

Ant
L
L
CV
HF
-4,5V
V
e
c
+4,5V
x1
x5
x10
x20
S
0V

Fig. III-3. — Ci mesureur.

L
Ant.
L
10pF
CV
OA 90
100 pF
270kΩ
10,2kΩ
4,7kΩ
10kΩ
V
0,1 µF
Calage V
offset
c
741
-4,5 V
0V
180Ω
1
5
10
20
40,2kΩ
90,9kΩ
191kΩ
0,1µF
+4,5V
S
ext
m

Fig. III.4. — Composants mesureur.

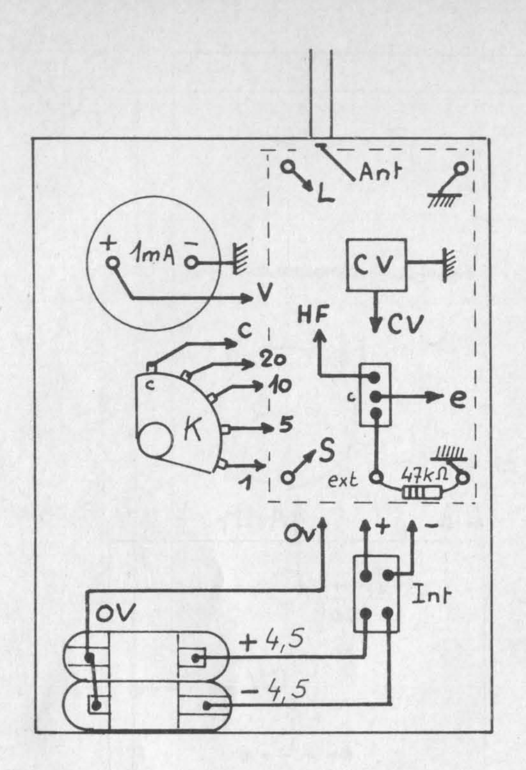


Fig. III-5. — Mesureur de champ - Interconnexions.

boîtier. Des conducteurs rigides pourront être utilisés, mais cela est fonction du modèle de CV utilisé.

Quatre fils nus sont soudés aux angles de CI. Un fil nu est soudé pour la liaison à l'antenne.

d) Montage final. — Monter sur le panneau avant du boîtier les diverses pièces. Se reporter à la figure III-5 pour assurer les interconnexions. Présenter le CI, le fixer par le CV. Souder les fils d'angles, d'antenne. Terminer le câblage en s'inspirant des différentes figures. Installer les piles d'alimentation. Un collier les maintiendra solidement. Souder les fils directement sur les lamelles de sortie.

e) Bobines 27 et 72 MHz. — Les deux bobines sont soudées sur une barrette d'époxy de 50 × 12 mm. Enlever le cuivre dans la partie centrale, sur une longueur de 20 mm. Côté cuivre, les deux picots de connexion proviennent de petites fiches bananes de 2 mm, sciées au ras du filetage. Bien veiller à l'écartement qui doit correspondre à celui des douilles du coffret. Voici les données des deux bobines :

27 MHz : 23 spires de fil émaillé de 10/10, en l'air. ∅ int. : 8 mm. Longueur effective : 25 mm.

72 MHz : 6 spires de fil nu étamé 10/10, en l'air. ∅ int. : 8 mm. Longueur effective : 25 mm.

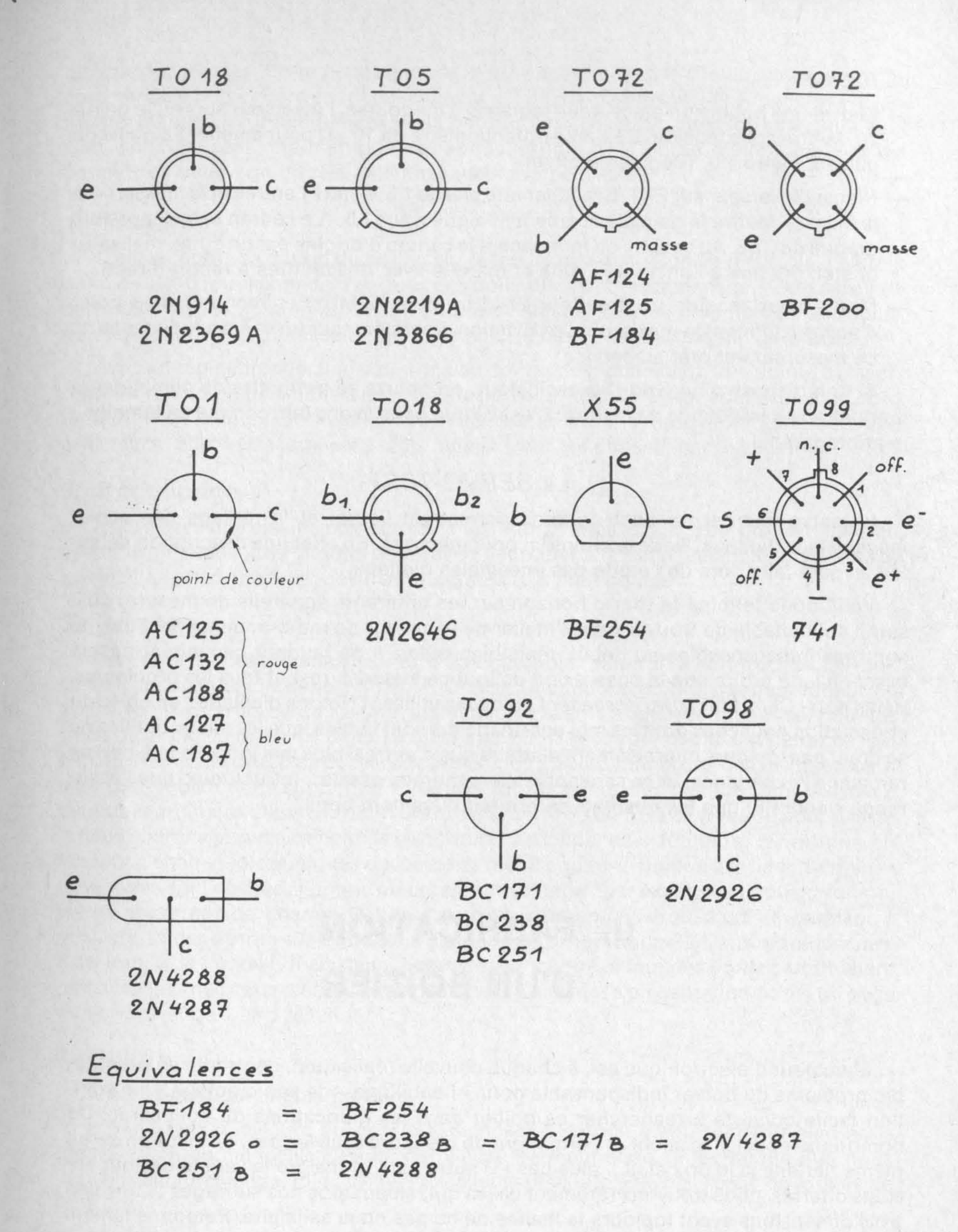


Fig. III-6. — Transistors et Am/Op utilisés - Boîtier et brochage.

f) Essai

— Mettre une bobine en place, tous réglages à mi-course, l'inverseur sur HF, le gain à 20. Mettre sous tension. Régler le potentiomètre de 10 kΩ pour amener l'aiguille du galvanomètre à 0. (Réglage d'offset).

— Placer l'inverseur sur EXT. Brancher une pile de 1,5 V entre l'entrée et la masse. (— à la masse). Mettre le gain à 1 et amener l'aiguille sur 1,5. (Le cadran sera si possible gradué de 0 à 3. Au besoin, on remplacera le cadran d'origine par un autre, réalisé en bristol, dessiné à l'encre de Chine et marqué avec des chiffres à report direct).

— Mettre sous tension un émetteur 27 MHz (puis 72 MHz) et rechercher le point d'accord donnant le maximum de déviation. Le repérer sur un cadran rudimentaire. Le mesureur est prêt au service.

Si l'on dispose d'un Grid-Dip oscillateur, on pourra se permettre de compléter la graduation en fréquence du cadran. C'est ce que nous avons fait, comme en témoigne la photographie.

g) Le SERVO-TEST

Le servo-test est un petit appareil permettant l'essai et le réglage des servo-mécanismes digitaux. Nous le citons ici pour mémoire. En effet une description détaillée en sera faite, lors de l'étude des ensembles digitaux.

Voilà donc terminé le tour d'horizon sur les différents appareils de mesure, qu'il serait souhaitable de trouver dans l'atelier de l'amateur de radio-commande. Tous ne sont pas indispensables au début, mais bien utiles. Il ne faudrait cependant pas se laisser aller à croire que la possession de tout ce matériel, résout tous les problèmes. Hélas non ! Car il faut aussi posséder l'art de les utiliser ! Notons d'ailleurs, en guise de consolation pour ceux dont les moyens financiers sont faibles, que les mieux outillés ne se tirent pas toujours plus aisément d'affaire que d'autres, plus mal lotis. En fait, rien ne remplace l'expérience, et ce sera après de nombreux essais... infructueux, que l'assurance viendra et que les résultats seront régulièrement bons.

II. FABRICATION D'UN BOÎTIER

L'amateur d'électronique est, à chaque nouvelle réalisation, confronté au redoutable problème du boîtier indispensable pour « l'habillage » de son montage. Une solution facile consiste à rechercher ce boîtier dans les fabrications du commerce. De nombreux modèles existent et permettent de résoudre tous les cas. La solution serait même parfaite si le prix était... plus bas ! D'autre part, et malgré la variété des dimensions offertes, nous trouvons rarement celles qui rallient tous nos suffrages : l'une des trois dimensions ayant toujours la malice de ne pas nous satisfaire. Personnellement nous avons donc pris la décision, depuis de nombreuses années, de fabriquer nous-mêmes les coffrets de nos appareils, ce qui a le double avantage de l'économie et des

dimensions idéales. En radiocommande, il est encore plus difficile de trouver dans le commerce le boîtier convenant exactement à l'utilisation prévue, les dimensions et les formes étant assez inhabituelles. Voilà pourquoi nous allons, dans les lignes qui suivent, vous exposer une méthode de fabrication qui a le mérite d'être simple et de permettre l'obtention de résultats absolument impeccables.

1. Traçage

C'est le report du dessin du boîtier sur la feuille de métal. Choisir de la tôle d'aluminium de 10/10 (ou même de 8/10 pour des boîtiers de petites dimensions). On essaiera de trouver de l'aluminium ordinaire : certains alliages, certes plus rigides, sont plus durs et surtout très difficiles à plier. Prohiber le dural, impossible à plier à froid.

Avec un réglet gradué, une équerre, un compas de mécanicien, une pointe à tracer, reporter très soigneusement le dessin de la partie principale. Partir pour cela, d'un bord bien droit de la tôle. Eventuellement, redresser ce bord, s'il provient d'une découpe antérieure. Plus le traçage est précis, mieux iront les choses, par la suite.

2. Découpage

A faire avec une cisaille non déformante. (Manufrance, par ex.) ou simplement avec une scie à métaux. Les onglets peuvent se découper à la petite scie miniature (toutes quincailleries). Supprimer bavures et défauts à la lime douce.

3. Perçage

Les trous de petit diamètre se font à la chignole. Faire un avant-trou de 1,5 mm, sinon vous risquez un déport notable. Choisir une mèche d'un diamètre inférieur de 1 mm à celui du trou, ce qui permet une finition à la lime queue-de-rat douce. Pour les trous de grand diamètre ($>$ 8 mm) utiliser une scie à découper bocfil. (Manufrance, par ex.). Les lames de ces scies possèdent des boules d'accrochage, aux deux extrémités. Il sera préférable de les supprimer et de monter les lames sur une monture de scie à découper ordinaire. Dans ces conditions, un avant-trou de 1,5 à 2 mm suffit pour passer la lame, extraite provisoirement de la monture. Découper ainsi toutes les ouvertures, en laissant à chaque fois quelques dixièmes de métal pour une finition à la lime. Certaines ouvertures sont cachées par une pièce, après montage : par exemple le trou du voltmètre du mesureur de champ. D'autres restent apparentes : trou d'un interrupteur à glissière, fentes de trim sur les boîtiers d'émetteurs proportionnels. Dans le premier cas, il est inutile de fignoler, mais dans le second, par contre, il faut des bords parfaitement nets. Prenez l'habitude d'être très exigeant sur le plan de la présentation : c'est un gage de sérieux et de... bon résultat !

4. Pliage

C'est l'opération la plus délicate.

Il faut, dans la mesure du possible, disposer d'un bon établi solide et bien assis (genre établi de menuisier). Faute de plieuse perfectionnée, la technique que nous utilisons est fort simple. Elle donne d'excellents résultats. Elle est à base de formes de bois dur.

Faire préparer par un bon menuisier, une barre de chêne dur, de section 6 × 2 cm et de 1,50 m environ de longueur. Puis, après un minutieux traçage à l'équerre, découper

des tronçons, à l'aide d'une scie fine, en veillant à un parfait équerrage des chants. C'est une question d'œil et de patience !

Préparer ainsi 2 longueurs de 30 cm, 1 longueur de 19 cm, 1 longueur de 17,5 cm, 1 longueur de 12,5 cm.

Avec les deux longueurs de 30 cm, percées face à face de quelques trous, faire une presse à l'aide de 2 boulons de 5 mm, avec rondelles et écrous à oreilles (longueur 10 cm). Garder les autres pièces sans modification. L'assortiment prévu, permettra de plier tous les boîtiers d'émetteur décrits dans cet ouvrage.

Voyons en exemple, le pliage du boîtier du mesureur de champ.

La plaque alu étant fin prête, la placer dans la presse, en alignant successivement les bords droit et gauche. Maintenir la presse serrée dans les mâchoires de l'étau d'établi. Rabattre petit à petit le rebord de 10 mm, en frappant par petits coups, à l'aide d'un marteau et d'une pièce de bois dur intermédiaire. Finir en frappant à plat, toujours avec la cale de bois. Ne desserrer que quand le pliage est jugé net. Passer alors au deuxième pliage.

Ces deux plis étant faits, on s'aperçoit qu'il est impossible maintenant de serrer dans la presse. Cependant, en glissant entre les bords pliés, la pièce de 12,5 cm, le serrage est à nouveau possible. Plier ainsi le bord haut et le bord bas.

Pour rabattre la partie supérieure et la partie inférieure du boîtier, ne plus se servir de la presse, mais de l'étau de l'établi. Placer derrière la tôle, une longueur de 17,5 cm et devant la longueur de 12,5 cm. Serrer dans l'étau en prévoyant le cm que prendront les rebords quand se fera le pliage.

Appuyer avec une planchette sur toute la surface et particulièrement dans la région du pli. Rabattre d'un seul coup : le pliage sera impeccable. Accuser le pli au marteau, le cas échéant, en frappant à travers la planchette. En principe, ce ne devrait pas être nécessaire.

Le pliage du couvercle arrière ne pose aucun problème et se fait à la presse. Cependant, il est très important de faire les deux pliages au bon écartement, ce dernier dépendant non seulement des dimensions de la partie avant mais aussi des épaisseurs du revêtement collé sur les surfaces. Nous conseillons donc de ne plier ce couvercle qu'après gainage de la partie avant.

5. Gainage

Opération utile : il est plus agréable de manipuler l'émetteur et l'esthétique y gagne.

Choisir un revêtement souple, mince et résistant (particulièrement aux carburants). Certaines moleskines sont parfaites. Eviter les adhésifs qui se décollent vite. (Voir drogueries, marchands de tissus, maroquineries...).

Découper un morceau légèrement plus grand que nécessaire. Dépolir la surface d'alu à l'abrasif et la dégraisser à l'essence ou à la benzine.

Enduire les deux surfaces d'une pellicule de colle type contact (au néoprène) en évitant les surépaisseurs. Il faut aller vite, surtout sur l'alu. Soigner particulièrement les bords des fentes apparentes. Laisser sécher une dizaine de minutes puis appliquer en appuyant fortement.

Il est évidemment impossible d'encoller le tout d'une seule fois : il faut donc procéder par panneaux, avant, dessus, dessous, rebords.

Laisser une heure puis, avec un couteau genre Xacto (lame n° 11, neuve) découper à ras bord. Soigner les fentes : fignoler à la lime très douce en limant dans le sens revêtement-alu.

La partie principale gainée, plier le couvercle en prévoyant les 2 épaisseurs de revêtement en plus (rabats intérieurs du gainage de ce couvercle).

Gainer le couvercle. Le plus difficile sera de réussir des coins impeccables. Il faut couper le gainage à 45°, en laissant 1/2 à 1 mm de manière qu'en rabattant vers l'intérieur, l'alu des coins soit recouvert, sans surépaisseur. Quelques essais sur des chutes seront utiles. Un bon modéliste, qui voit clair, ne doit pas être arrêté par ce genre de difficulté.

Pour la fixation du couvercle, utiliser de petites vis à tôle. Il faudra percer, **avant** gainage, les trous de passage dans le couvercle, mais seulement **après** gainage les trous dans la partie principale. Pour cela, mettre le couvercle en place et pointer en correspondance : la coïncidence sera automatique, ce qui ne serait certainement pas le cas avec un perçage préalable.

Comme vous le voyez, la fabrication d'un boîtier n'est pas insurmontable ! Il faut simplement choisir une bonne technique et avoir le courage de « s'y mettre ».

III. FABRICATION D'UN CIRCUIT IMPRIMÉ

Le circuit imprimé (CI) est la solution moderne au problème du câblage d'un montage électronique. Assurant à la fois le support des composants et leur interconnexion, il a certainement contribué pour beaucoup au développement des travaux de l'amateur moyen, le câblage traditionnel étant bien plus délicat à réaliser proprement ! Mais voilà, ce circuit imprimé, il faut le faire ! Et cette éventualité ne semble pas plaire à certains amateurs de kits. La réalisation d'un CI n'est pourtant pas difficile : c'est ce que nous allons essayer de vous expliquer dans les lignes qui suivent.

Deux types de matériaux sont disponibles :

— *la bakélite cuivrée,* simple ou double face, présentant les avantages d'un faible prix, d'une faible résistance au perçage mais l'inconvénient d'une solidité réduite. Les pertes HF peuvent devenir gênantes en 72 MHz.

— *l'époxy cuivré,* simple ou double face, est beaucoup plus résistant. Ses pertes HF sont très réduites. C'est donc dans ce matériau que seront taillés tous nos CI. Petit revers de la médaille : le perçage est bien plus délicat et les fibres de verre, qui constituent la texture de l'époxy, ne font pas bon ménage avec les mèches de nos perceuses. Il faudra s'en accommoder et souvent... changer ces dernières ou de préférence, utiliser des modèles au carbure de tungstène.

L'époxy existe en plusieurs épaisseurs : 15/10, 10/10, 8/10, 5/10. C'est le 15/10 que nous utiliserons toujours, sauf pour les amplis des minuscules servo-mécanismes digitaux qui se monteront sur du 8/10.

Trois techniques de fabrication sont possibles, selon les moyens du réalisateur et... son adresse !

1. Méthode du tracé direct

C'est celle que nous utilisons personnellement. Elle nécessite très peu d'outillage

— un pointeau fin,

— une éponge abrasive,

— une plume de Normograph n° 6 et une n° 4 ; un porte-plume,

— *de l'encre au brai.* Cette encre se fabrique en dissolvant du brai (voir couvreurs par ex., ou récupérer quelques raclures sur de vieux accumulateurs) dans de la benzine (ou benzène).

Le point d'achoppement de la méthode est la bonne fluidité de cette encre. Il faut une encre bien noire, couvrant bien, mais coulant facilement. Un test : en posant la plume remplie sur la plaque de cuivre, l'encre doit couler, faire un cercle dont le diamètre grandit si on reste au même point. Si l'encre est trop fluide, les traits sont beaucoup plus larges que prévu et marron clair. Si l'encre est trop épaisse, de grosses difficultés d'écoulement se produisent.

Passer le temps qu'il faut pour obtenir satisfaction, puis garder l'encre dans un flacon hermétique.

— un bac pour l'attaque ;

— de l'acide nitrique à 50 % ou du perchlorure. Il vaut mieux une attaque assez lente qui ne provoquera pas de décollement du tracé à l'encre.

Voici maintenant le processus de fabrication :

— Découper le rectangle d'époxy et le poncer à l'éponge abrasive avec un déter-gent. Sécher.

— Disposer sous le dessin du CI et pointer à travers le papier le centre de chacun des trous.

— A main levée, (jeunes vieillards, à la main tremblotante, s'abstenir !) tracer à la plume les diverses liaisons. Commencer par les plus délicates : celles qui sont particulièrement voisines. Si l'on rate, rien de grave ! Nettoyer le tout à la benzine ; redonner un léger coup d'éponge abrasive et... recommencer !

Les longues liaisons droites peuvent se faire avec une règle-guide, maintenue à 1/2 mm de la surface.

Si l'encre est correcte, le tracé est très net. Les surfaces importantes peuvent se recouvrir au pinceau.

— Après quelques minutes de séchage, attaquer à l'acide.

— Attaque terminée, sortir du bain, rincer et nettoyer à la benzine. Poncer de nouveau à l'éponge abrasive.

— Percer les trous.

Cas du double face

Prendre une feuille de calque, la plier en deux. Disposer recto et verso les deux figures correspondant aux deux côtés du CI. Veiller à une parfaite coïncidence. Placer la plaquette d'époxy entre les deux feuillets et la fixer par ruban adhésif. Pointer recto et verso.

Dessiner à l'encre au brai les liaisons des deux faces. Pour la seconde, il sera nécessaire de maintenir la plaquette à quelques dixièmes de mm de la table de traçage, par des cales d'angles.

Attaquer comme ci-dessus, en retournant la plaquette de temps en temps.

2. Tracé par report de symboles

S'il vous est impossible de tracer une ligne droite, à main levée, sans trembloter, la méthode précédente vous est inaccessible.

Heureusement pour vous, quelques fabricants de symboles à report direct, fournissent maintenant de quoi vous dépanner. (Alfac, Brady, Mécanorma...).

Il faut alors se procurer des pastilles, des bandes droites et courbes, des symboles pour circuits intégrés, etc.

La technique est similaire :

— Découper, poncer, pointer la plaquette d'époxy.

— Transférer toutes les pastilles puis les relier avec les bandes. Les grandes surfaces se feront à l'encre au brai.

— L'attaque ne peut se faire qu'au perchlorure car l'acide tend à soulever les symboles.

3. Méthode photographique

Elle nécessite tout un appareillage qui ne se justifie que si... l'on est très maladroit, (ce qui nous semble difficilement compatible avec la pratique du modélisme) ou si l'on a de nombreux circuits identiques à fabriquer.

Voici la marche générale à suivre, celle-ci dépendant quelque peu de la marque des produits utilisés.

— Préparer d'abord le *transparent,* en prenant soit du film spécial, soit du calque, soit du contre-calque. Reporter comme ci-dessus les symboles pour reproduire le dessin du CI. Les grandes surfaces peuvent se faire à l'encre de Chine ou au film rouge (Mecanorma).

— Se procurer de l'époxy spécial, recouvert d'origine d'une émulsion photographique (Kodak, Formica...). Découper à des dimensions légèrement supérieures, avec les précautions d'usage pour éviter le voilage. (Suivre les indications du fabricant).

— Insoler avec des tubes actiniques (genre TFA20 de Mazda) pendant 4 à 5 mn.

— Tremper la plaque dans le révélateur conseillé par le fabricant des plaques. Agiter. Rincer.

— Développer au perchlorure ou au persulfate d'ammonium.

— Nettoyer à l'alcool à brûler.

4. Protection du CI

Quelle que soit la méthode de fabrication, nous conseillons très vivement d'étamer les circuits terminés. Nous le faisons, juste avant perçage.

Il existe des produits d'étamage à froid, mais nous avons retenu une méthode bien plus simple et qui ne demande aucun produit difficile à trouver : l'étamage se faisant tout bonnement au fer à souder.

— Bien nettoyer le CI à l'éponge abrasive.

— L'enduire d'une fine couche de pâte à souder.

— A l'aide d'un fer de 100 W, à panne large, bien plate et parfaitement propre, étamer avec de la soudure en fil normale, en procédant par passes aussi larges que possible. Mettre un minimum de soudure pour avoir une épaisseur très faible.

— Laisser refroidir et nettoyer énergiquement à l'acétone, avec un chiffon très propre. Toute trace de pâte décapante doit évidemment disparaître.

— Percer, en repointant au besoin les marques estompées par l'étamage.

Un perçage avant étamage aurait le gros inconvénient d'introduire de la pâte à souder dans les trous, pâte difficile à éliminer après coup et qui risquerait de provoquer à la longue des oxydations fâcheuses.

Une autre excellente méthode consiste à utiliser la soudure spéciale SOUDOGAZ n° 2002. Cette soudure à base d'étain en suspension colloïdale avec décapant incorporé se présente sous l'aspect d'une pâte grise que l'on étalera en très fine couche sur les parties cuivrées à étamer, convenablement nettoyées à l'éponge abrasive. Il suffit alors de chauffer avec le fer à souder à panne plate, sans aucun apport supplémentaire : l'étamage se fait très facilement et très vite. Notons simplement que le produit 2002 est acide, il faudra donc, l'étamage terminé, procéder à un nettoyage sérieux, d'abord à l'eau savonneuse puis enfin à l'acétone.

N.B. — Si le cuivre avait tendance à se décoller pendant l'opération d'étamage au fer, il faudrait conclure à la mauvaise qualité du produit et changer de fournisseur !

Vous l'avez constaté une fois de plus, la fabrication des CI n'est pas très difficile, il suffit d'avoir du soin et de la patience. Certains pourront peut-être regretter de ne pas nous voir utiliser le Vero-board. C'est tout simplement parce que nous n'aimons pas ce matériau que nous trouvons juste assez intéressant pour de petits montages expérimentaux. Allez donc monter un superhet miniature sur ces plaquettes à trous ! De même, nous ne montons jamais nos appareils dans des boîtes à biscuits, voire à camembert ! C'est simplement une question de goût personnel et chacun sait que « des goûts et des couleurs, il ne faut pas discuter » !

2e PARTIE

Pratique de la construction

Introduction DU CHOIX DE L'ENSEMBLE A CONSTRUIRE

Vous voulez faire de la radiocommande ! C'est très bien ! Mais encore..? Que voulez-vous télécommander ?

• Rien d'autre qu'un avion !

Votre choix est net. C'est votre droit !

Il y a quelques années, nous aurions pu discuter. Oui, mais... l'avion, c'est difficile ! Commencez donc plutôt par un bateau, c'est plus prudent et vous vous ferez la main !

En réalité, il n'y avait pas grand-chose de vrai, dans cette réserve. Les problèmes « bateau » et « avion » sont totalement différents et l'expérience acquise avec l'un est à peu près sans valeur pour l'autre, si on excepte le plan électronique pur. Donc, d'accord pour l'avion !

Mais alors notre réponse sera tout aussi nette :

AVION = PROPORTIONNEL

Faire autre chose en 1976 serait tout simplement stupide !

Bien ! Mais qui êtes-vous ?

— *Vous êtes un modéliste* et seuls, les avions vous intéressent. La **radio**, pour vous, c'est une petite « boîte » qui vous laisse assez indifférent, pourvu qu'elle fonctionne ! Et si vous envisagez de la fabriquer, c'est parce que vous croyez y gagner de l'argent !

Voici notre conseil : fermez ce livre et allez commander votre ensemble chez un revendeur sérieux. Il vous en coûtera moins cher finalement et il y a de fortes chances pour que « ça marche » !

— *Vous êtes un professionnel de l'électronique* et vous avez remarqué, un dimanche, quelques passionnés faisant voler leurs avions. Vous avez pensé : pourquoi pas moi ? En effet, vous avez pas mal d'atouts dans votre jeu, mais attention, vous êtes un « spécialiste », vous connaissez votre branche de A à Z, mais, en dehors... N'insistons pas ! Seulement, ne l'oubliez pas, la radiocommande touche à **tout** et je vous promets de belles surprises, faisant parfois baisser de quelques points votre confiance. Ne soyons pas trop pessimistes : en avant pour le Digital !

— *Vous êtes un bon modéliste* et vous voulez construire votre ensemble ! C'est parfait ! Tout amateur soigneux, voire fignoleur arrive facilement à construire un ensemble digital. Il faut simplement se dire : « Je l'utiliserai quand il sera fini » mais jamais : « Finissons-le vite, pour l'utiliser ! » Tout est là ! Si vous prenez le temps qu'il faut pour faire vos circuits imprimés, vos boîtiers, vos connexions, « au quart de poil », vous avez 90 % de chance de succès à la mise en service. C'est beaucoup, mais... si vous êtes dans les 10 % qui restent, il faudra alors, nécessairement disposer des appareils déjà répertoriés. Consolez-vous, vous en apprendrez beaucoup plus, dans ce cas malheureux, que dans l'autre !

— *Vous n'êtes pas soigneux !* Donc vous n'êtes pas un bon modéliste, c'est évident. Soyons franc : ne construisez pas d'ensemble RC, vous perdriez votre temps... et votre argent. Nous vous conseillons même une autre activité, moins délicate !

— *Vous êtes un néophyte.* Vous n'y connaissez rien, ni en radio, ni en modélisme avion, mais ca vous tente ! Vous avez vu voler quelques avions, dimanche dernier, sur le terrain voisin : ca n'a pas l'air difficile du tout !

N'en croyez rien ! Cette apparente facilité est trompeuse.

Vous êtes l'exception qui confirme la règle : pour vous, nous conseillons un des ensembles les plus simples que nous décrirons dans ces pages et que vous monterez sur n'importe quoi, sauf un avion ! Cela vous permettra de faire connaissance avec l'électronique, d'y faire quelques progrès et si le virus a pris racine, alors seulement, vous serez « mûr » pour ces « machines qui volent » et sur lesquelles vous aurez aussi beaucoup à apprendre.

Mais vous avez 16 ans ! Alors rien ne presse, vous y arriverez !

• Vous êtes un amateur de bateau !

Quelle chance est la vôtre ! Tous les choix vous sont permis : de l'ensemble le plus simple au plus complexe.

Avec un bateau, on ne craint pas grand-chose, une fausse manœuvre n'est pas dramatique, une panne pas catastrophique, une perte de portée, sans conséquence grave ! Il suffit de prévoir une barque et rien n'est perdu... sauf l'honneur !

Que de plaisirs en perspective ! Vous pourrez tout essayer : les lames vibrantes, les filtres BF, le digital, et ainsi, compenser par cette variété presque sans fin, la relative monotonie du pilotage de vos modèles. Notre récepteur le plus simple a une portée de quelques dizaines de mètres. C'est suffisant, car le vrai plaisir de la manœuvre n'est pas d'envoyer sa maquette si loin qu'on la distingue à peine, mais au contraire de la faire évoluer au plus près : un petit parcours autour de quelques bouées, des accostages... Voilà le secret du bonheur... de l'amiral en culottes courtes !

NB. Dans notre esprit, les « racers » à moteur à explosion, éventuellement électriques, sont classés dans la catégorie des « avions sans ailes, volant à la surface de l'eau ». Ils ne sont donc pas concernés par ces derniers propos.

...DE SA CONSTITUTION...

Un ensemble de radiocommande comprend toujours les mêmes « sous-ensembles », quelle que soit sa technologie :

A l'émission ((Voir fig. 1-A)

a) *Une partie HF* (Haute Fréquence) ayant pour mission de fabriquer une porteuse, assurant le rayonnement nécessaire à la transmission.

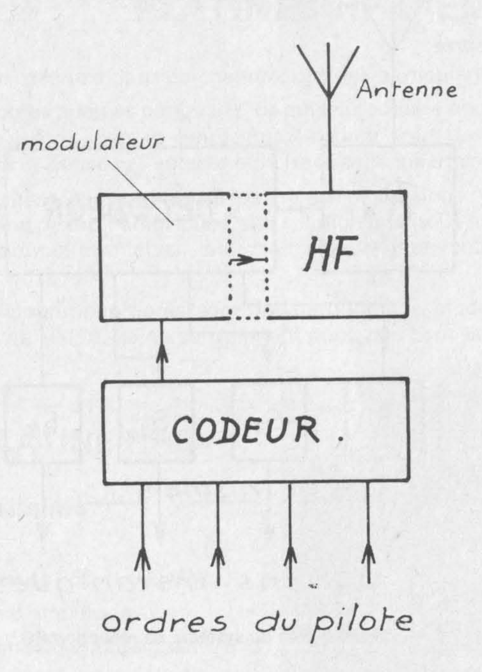


Fig. 1-A. — Schéma-bloc d'un émetteur de radio-commande.

b) *Un codeur* traduisant en signaux électriques, les actions du pilote, sur les leviers de commande. C'est, nous l'avons vu dans la première partie, au niveau de ce codeur et de la manière de traduire les ordres, que se différencient les divers procédés de radiocommande.

c) *Un modulateur*, étage intermédiaire entre les deux précédents et qui « inscrit » dans la porteuse, les signaux du codeur. L'étage modulateur trouve toujours sa place sur la platine HF elle-même. A première vue, il passe donc inaperçu.

A la réception (Voir fig. 2-A)

a) *Le récepteur* proprement dit, captant les signaux transmis par l'émetteur et les livrant sous une forme utilisable.

b) *Le décodeur* qui suit le récepteur, traite son signal de sortie de manière à l'aiguiller sous forme convenable vers les servo-mécanismes.

c) *Les servo-mécanismes.* Derniers maillons de la chaîne, ils convertissent les signaux électriques, résultats du décodage, en actions mécaniques sur les gouvernes.

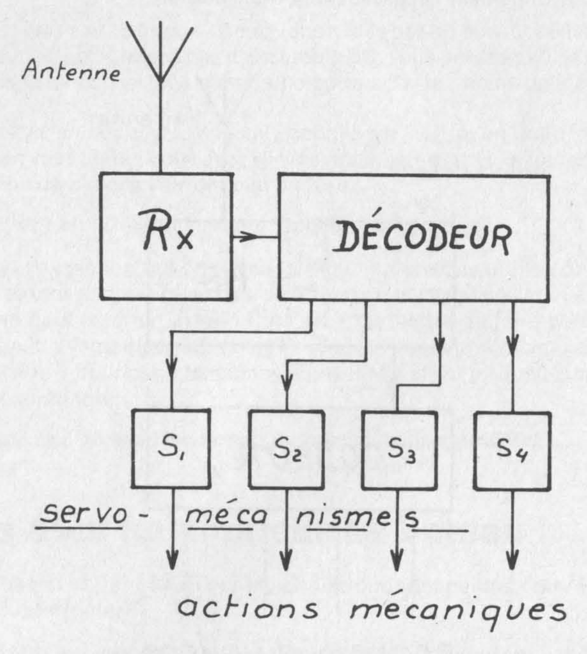


Fig. 2-A. — Schéma-bloc du système de réception RC.

Les chapitres qui vont suivre, décrivent plusieurs variantes de ces sous-ensembles, soit isolément, soit montés en ensembles complets.

Ainsi, nous avons préféré, réunir dans un même chapitre, d'une part les différentes sections HF décrites et d'autre part les récepteurs réalisables. La majorité des ensembles proposés pouvant alors se monter « à la carte », le réalisateur restant maître du choix du système codeur-décodeur, de la partie HF et du récepteur. Le nombre de combinaisons possibles est considérable. Chacun devrait ainsi trouver « **la** » variante convenant le mieux, à son problème personnel !

Chapitre 4 PLATINES HF D'ÉMETTEURS

Les platines HF décrites dans ce chapitre, ont des particularités communes :

— Elles sont toutes pilotées par quartz, ce qui leur confère une parfaite stabilité de fréquence. Nous avons depuis longtemps, éliminé tous les montages « auto-oscillateurs » dont la dérive est notable et la fréquence incertaine.

— Mécaniquement, elles ont toutes les mêmes dimensions : 55 × 75 mm et sont conçues sous forme de tiroir amovible. Cette solution que nous avons adoptée depuis peu, présente d'énormes avantages : interchangeabilité, interventions faciles, contrôle aisé... etc.

— Les modulateurs incorporés sont prévus pour une modulation en « tout ou rien », c'est-à-dire à 100 %. Ils ne conviennent donc pas pour la téléphonie.

I. PLATINE HF1.

1. Caractéristiques

- 27 MHz
- Puissance entre 350 et 500 mW
- Modulation d'amplitude
- Très bon rendement atteignant 70 %.

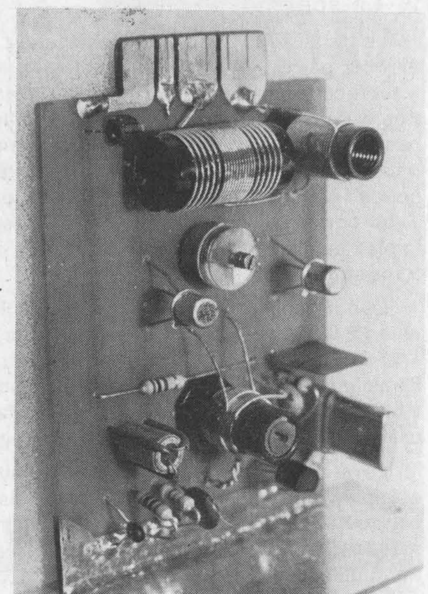


Photo IV.A — HF1.

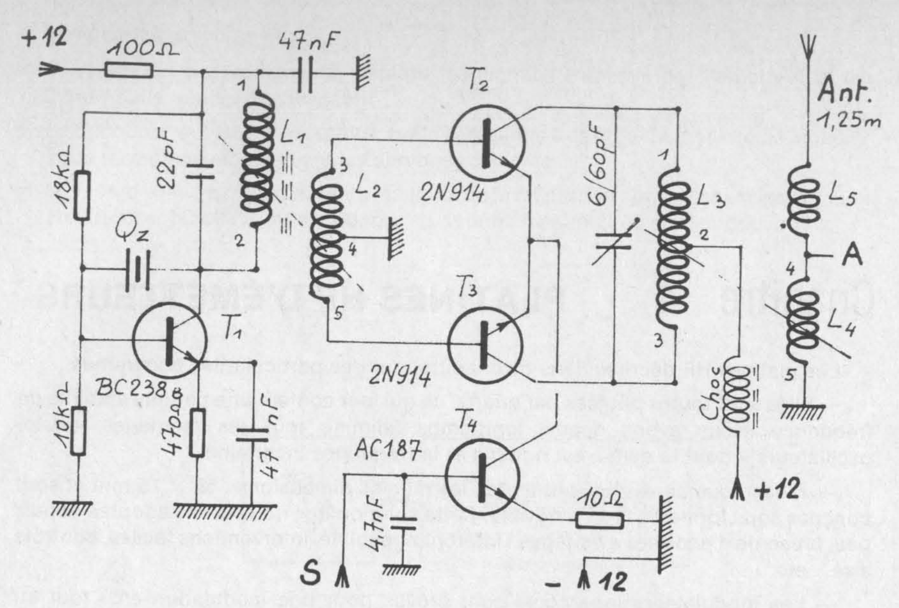


Fig. IV-1. — Schéma de HF1.

2. Le schéma (Fig. IV-1.)

Le transistor T_1 constitue l'oscillateur pilote. Le circuit collecteur est accordé sur 27 MHz par L_1. Le quartz réinjecte sur la base une tension telle que l'amplificateur « accroche » c'est-à-dire oscille sur l'exacte fréquence du quartz. L'énergie HF obtenue est assez faible (50 mW environ). Elle est donc captée par L_2 et envoyée sur les bases des transistors T_2 et T_3, montés en « push-pull » parfaitement symétrique. Le bobinage L_2 fournissant sur ses extrémités, des tensions en opposition de phase, T_2 conduit pendant une alternance, tandis que T_3 est bloqué. A l'alternance suivante, c'est T_3 qui conduit, T_2 étant bloqué. Cet étage symétrique explique l'excellent rendement de la platine, rendement que nous n'avons jamais réussi à obtenir, en 27 MHz, avec un transistor unique.

La puissance disponible à la sortie du PA (Power Amplifier) est comprise entre le 1/3 et le 1/2 W, selon la qualité des transistors, des réglages et la valeur de la résistance de « 10 Ω » de retour des transistors de sortie. L'enroulement L_4 recueille la HF produite et l'envoie à l'antenne. Cette dernière, mesurant 1,25 m est beaucoup trop courte pour vibrer en 1/4 d'onde (2,5 m environ). Il faut donc « l'allonger » électriquement pour assurer un bon rayonnement : le bobinage L_5 est chargé de cette mission.

Le retour des transistors de sortie se fait à travers T_4 : lorsque la base de ce transistor est reliée au potentiel positif (via une résistance de 10 kΩ, faisant partie du codeur) T_4 conduit et la platine HF fonctionne normalement. Mais si cette base est reliée à la masse, le transistor se bloque et la HF, donc le rayonnement disparaît. Nous obtenons donc bien une modulation d'amplitude, celle-ci passant successivement d'un maximum à un minimum nul : on dit que le taux est de 100 %.

3. La réalisation

a) Le CI

Nous donnerons à l'occasion de la description de cette première platine, les détails de réalisation du tiroir HF. (Voir fig. IV-6.)

Le tiroir comporte deux parties :

— Le CI proprement dit, avec à la partie haute, la languette réservée à la connexion.

— Le devant du tiroir, nécessaire pour obturer la découpe à ménager dans le boîtier de l'émetteur et pour extraire le circuit.

Le CI est fabriqué en époxy 15/10, double face. Le double face est indispensable pour deux raisons :

• D'abord pour assurer un contact recto-verso dans les pinces du connecteur, ce qui donne une excellente sécurité de fonctionnement, d'autant que certaines liaisons importantes se font déjà par double contact (masse et antenne).

• Puis pour supprimer tout risque d'arrachement de la pellicule de cuivre, lors de l'extraction du tiroir, ce qui ne manquerait pas de se produire avec du simple face. Découper la plaquette selon les dimensions de la figure IV-2. Respecter scrupuleusement ces dimensions pour une parfaite interchangeabilité.

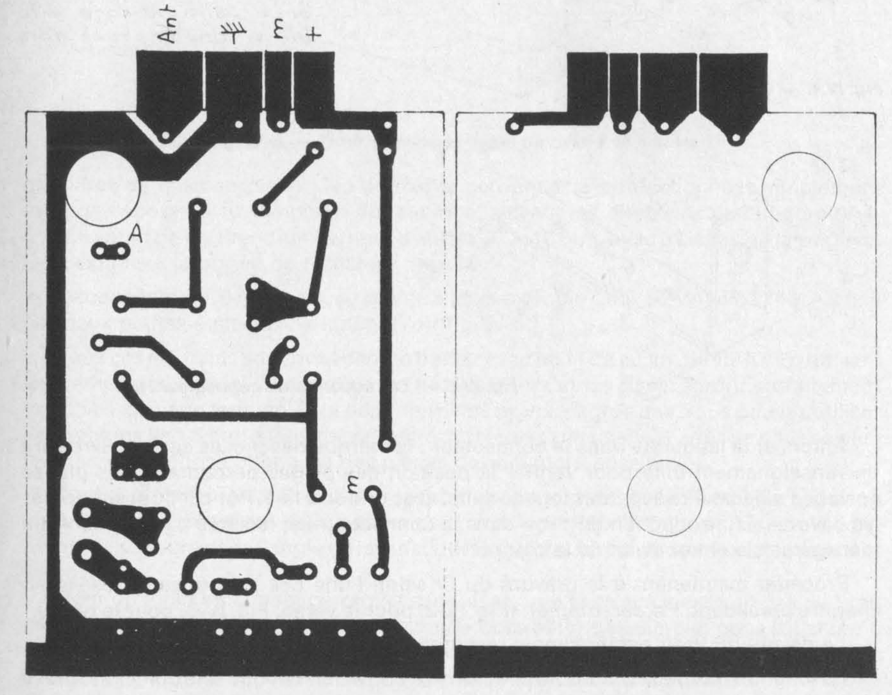


Fig. IV-2. — CI HF1 verso. *Fig. IV-3. — CI HF1 recto.*

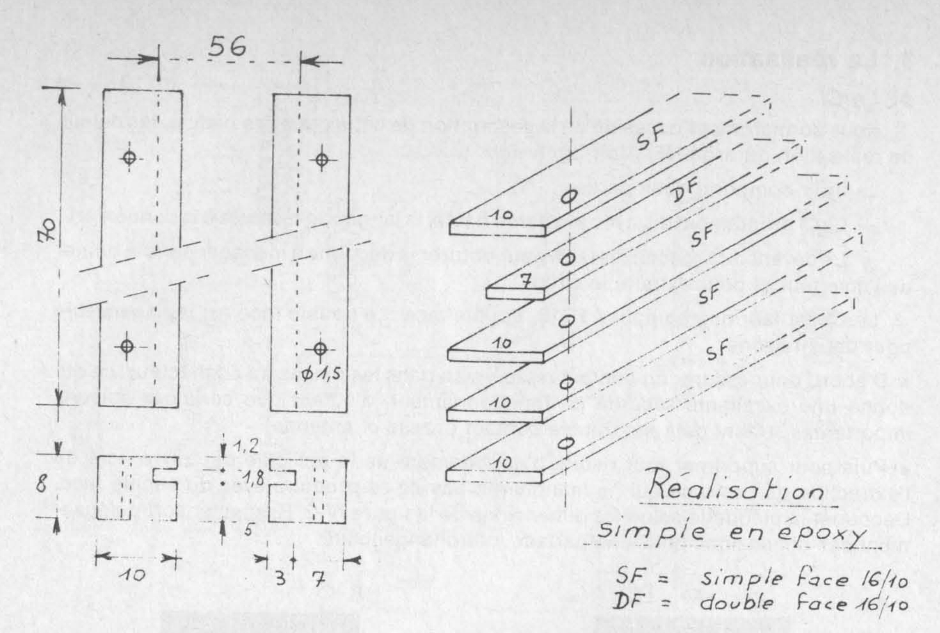


Fig. IV.4. — Glissières de tiroir.

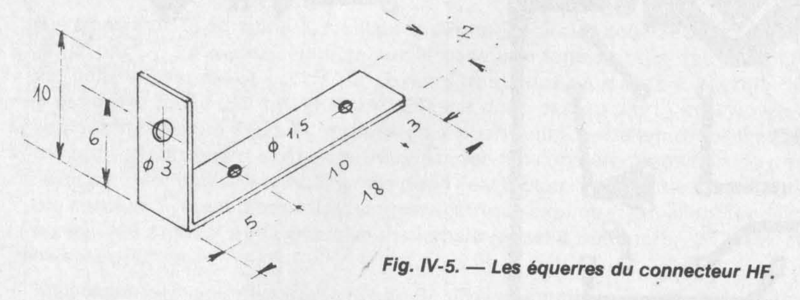


Fig. IV-5. — Les équerres du connecteur HF.

Enfoncer la languette dans le connecteur : la marque des pinces sur le cuivre sera un renseignement utile pour vérifier la position des plages de contact. Ces plages doivent d'ailleurs être séparées tout de suite, avec une scie fine. Poncer pour supprimer les bavures. L'introduction du tiroir dans le connecteur est facilitée par un chanfrein ménagé sur le chant avant de la platine HF.

Procéder maintenant à la gravure du CI selon l'une des méthodes exposées au chapitre précédent. Percer. Etamer. (Fig. IV-2. pour le verso, Fig. IV-3. pour le recto).

Le devant du tiroir est un simple rectangle d'époxy simple face étamé.

La jonction des deux parties ne peut se faire correctement que si le boîtier est prêt à recevoir le tiroir. Il sera donc nécessaire d'avoir fabriqué ce boîtier et installé les

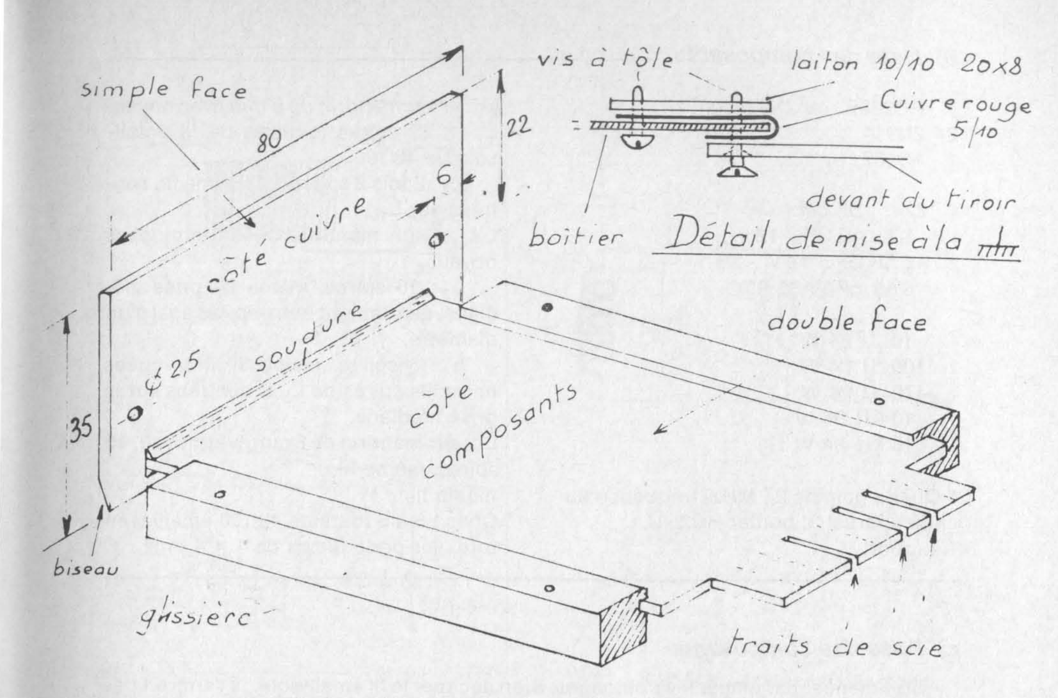


Fig. IV-6. — Tiroir terminé et détail de mise à la masse.

glissières de mise en place. Ces dernières peuvent être confectionnées simplement avec de l'époxy 15/10, simple et double face, suivant les directives de la figure IV-4. L'idéal serait de les tirer d'un barreau d'alu de 10 × 10 mm, avec fraisage de la saignée. Ce n'est pas à la portée de l'amateur moyen.

Le connecteur à 6 contacts, au pas de 3,96 mm (Sogie CIL6 ou Métallo 2406) est fixé par deux petites équerres de laiton. (Voir fig. IV-5.)

Tous ces éléments sont rivés dans le boîtier avec du fil de cuivre de 15/10. En fraisant légèrement les trous à l'extérieur, rien ne dépassera et les rivets seront parfaitement invisibles, gainage terminé. Si la pose des rivets ne vous agrée pas, vous pouvez utiliser des boulons de 1,5 mm à tête fraisée, cette dernière étant collée à l'araldite pour ne plus bouger. Une dépose ultérieure des pièces devient alors possible.

Tout cela étant bien prêt, enficher le tiroir, placer le devant en le fixant par ses deux vis. Vérifier le contact des deux parties, puis, avec le fer 100 W, faire deux ou trois bons points de soudure dans l'angle de la jonction. Extraire et terminer cette jonction recto et verso.

Pour un fonctionnement correct et sans aléas, une mise à la masse du bas du tiroir est indispensable. La figure IV-6 donne une possibilité très simple, pour satisfaire à cette condition. Les pièces laiton assurent une prise solide pour les vis à tôle de fixation et maintiennent les bandes de fin cuivre rouge (en provenance par exemple, d'une doublure de couvercle de fermeture d'un vieux tuner UHF de téléviseur).

b) Liste des composants

1 BC238B (ou 2N914)
2 2N914
1 AC187

1 22 pF cer.
1 4,7 nF GFO 12 V
2 47 nF GFO 12 V
1 6/60 pF EA60 RTC

1 10 Ω 1/4 W
1 100 Ω 1/4 W
1 470 Ω 1/4 W
1 10 kΩ 1/4 W
1 18 kΩ 1/4 W

1 Quartz gamme 27 MHz, fréquence au choix, partiel 3, boîtier HC25/U.
1 support.

L_1L_2 : sur mandrin de 8 mm avec noyau.
L_1 : 12 spires jointives de fil émail-soie de 45/100.
L_2 : 2 fois 2 spires 1/4, même fil, centrées sur L_1.
L_3L_4 : sur mandrin de 10 mm sans noyau.
L_3 : 16 spires, même fil, prise médiane, écartement entre spires égal à un diamètre.
L_4 : 5 spires, même fil, imbriquées entre les spires de L_3 et centrées sur la prise médiane.
L_5 : sur mandrin de 8 mm avec noyau, 15 spires, même fil.
même fil.
Choc : 5 à 6 tours de 15/100 émaillé, en tore, sur perle ferrox de 4 × 4 mm.

c) Pose des composants

Commencer par placer les bobinages. Bien décaper le fil émail-soie ; à l'endroit des soudures. (Suivre la fig. IV-7.)

Souder résistances, condensateurs et en dernier les transistors.

Ne pas oublier de relier recto-verso, les plages de connexion.

Un fil isolé doir relier la plage m au point m (base de T_4). Ce fil rigide, plaqué contre le CI suivra la ligne de masse.

d) Mise en service

- Court-circuiter le AC187 de modulation par un pont collecteur-émetteur.
- Souder un témoin HF (ampoule de 6 V, 50 mA) entre le point A et la masse.
- Alimenter en 12 V, en intercalant un milliampèremètre.
- Quartz enlevé, le débit est de l'ordre de 7 mA.
- Placer le quartz, noyau de L_1 vissé à fond, CV à mi-course. Le témoin HF doit s'allumer. Régler le CV au maximum de luminosité. Le débit est de l'ordre de 50 mA. Le petit thermique brille assez vivement.
- Enlever le court-circuit AC187. Le témoin s'éteint et le débit retombe à 7 mA.
- Relier m au + 12 V par une 15 kΩ. Le témoin s'allume à nouveau.

Faire toutes ces vérifications méthodiquement et dépister tout fonctionnement anormal ou instable.

Supprimer thermique, fils d'alimentation, et 15 kΩ.

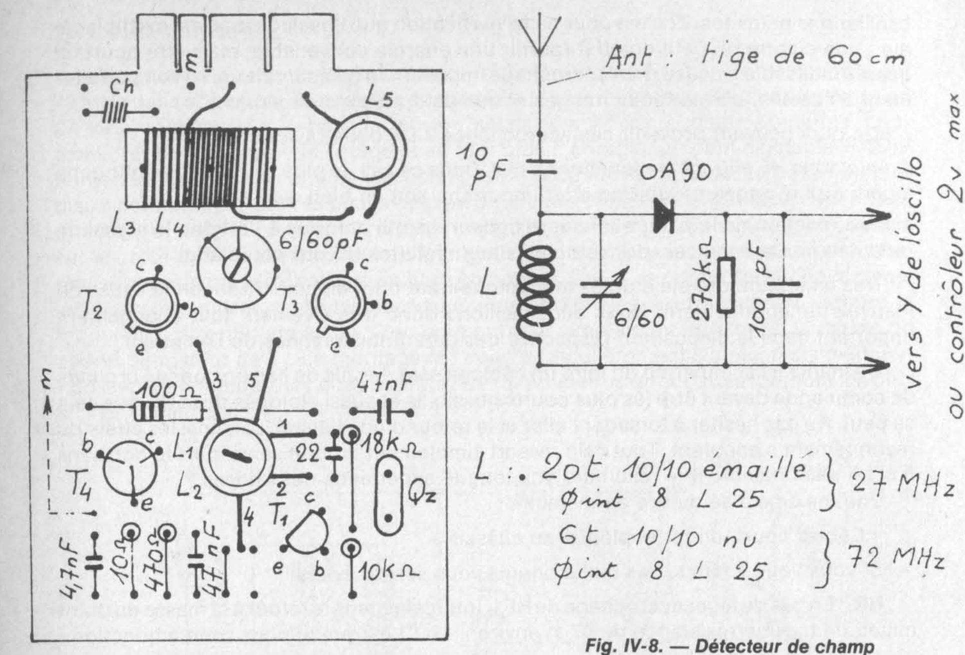


Fig. IV-7. — Pose des composants de HF1.

Fig. IV-8. — Détecteur de champ pour oscilloscope

La seconde partie du travail est à faire lorsque l'émetteur est entièrement terminé. Elle exige la possession d'un oscilloscope et d'un circuit détecteur, soit connecté directement à l'entrée verticale, (voir le montage de la fig. IV-8) soit incorporé à un contrôleur de champ, ce qui est le cas du petit mesureur que nous avons construit, au chapitre précédent. Relier alors l'entrée verticale Y de l'oscillo à la sortie S de l'appareil.

Enficher le tiroir HF dans l'émetteur et mettre sous tension. (Nous supposons que le fonctionnement du codeur a été préalablement contrôlé - voir chapitres suivants). Le signal rayonné par l'émetteur, détecté, apparaît sur l'écran de l'oscillo, après les réglages d'usage de cet appareil. (Gain vertical et stabilité horizontale.) Le signal délivré par le codeur doit se retrouver avec la **même qualité**.

Retoucher les réglages de la platine pour un maximum d'amplitude sur l'écran et un maximum de déviation au mesureur de champ, l'antenne émetteur étant complètement déployée. On pourra essayer un réglage de L_5 : en introduisant un noyau de ferrite, sa valeur augmente ; avec un noyau de laiton, elle diminue. Mais attention : toute retouche de L_5 doit être **suivie** d'une retouche du CV.

On remarquera que, en dévissant le noyau de L_1, l'amplitude tend à augmenter puis tombe brutalement à zéro, le pilote décrochant. Il faudra se garder de rester trop près de ce point critique, car un décrochage spontané ne manquerait pas de se produire, par exemple par variation de température ou de la tension d'alimentation. On ne pourra s'estimer satisfait que si le signal reçu sur l'oscilloscope est **impeccable,** propre et sans

oscillations parasites. Et c'est pour cette vérification que l'oscilloscope est irremplaçable : une platine HF peut en effet fournir une énergie convenable, mais être pourtant quasi inutilisable à cause d'un accrochage imprévu. Un tel accrochage se voit parfaitement à l'oscillo, donnant des franges et des déformations du signal.

De quoi peuvent provenir ces accrochages ? De deux raisons :

- La platine HF elle-même fonctionne mal. Dans ce cas, le plus souvent, une retouche *légère* aux réglages produit un effet important, soit en bien, soit en mal.
- Il y a réaction de la platine HF sur le codeur, ce qui déforme à **l'origine** le signal de modulation. Dans ce cas, des retouches aux réglages HF ont peu d'effet.

Nos émetteurs ont été étudiés **mécaniquement** pour éliminer la seconde cause de mauvais fonctionnement. Nous déconseillons donc très vivement tout changement important dans la disposition respective des différentes platines de l'émetteur.

De même il est impératif de faire un câblage aéré, les fils de liaison codeur-organes de commande devant être les plus courts possibles et aussi éloignés de la HF que cela se peut. Ne pas hésiter à torsader l'aller et le retour d'une liaison, car ainsi les effets du rayonnement s'annulent. Tout cela ressort simplement du bon sens, mais le bon sens n'est-il pas finalement le résultat d'une longue expérience des choses ?

Une maxime à se mettre en mémoire :

« Câblez court, direct et plaqué au châssis »

Si vous vous y tenez, pas mal d'ennuis vous seront évités !

NB. En cas de léger accrochage de HF1, intercaler dans le retour à la masse du point milieu de L_2, une résistance de 47 Ω environ. Le CI est prévu pour cette adjonction.

II. PLATINE HF2

1. Caractéristiques

- 72 MHz
- Puissance 500 à 750 mW
- Deux transistors seulement
- Modulation d'amplitude

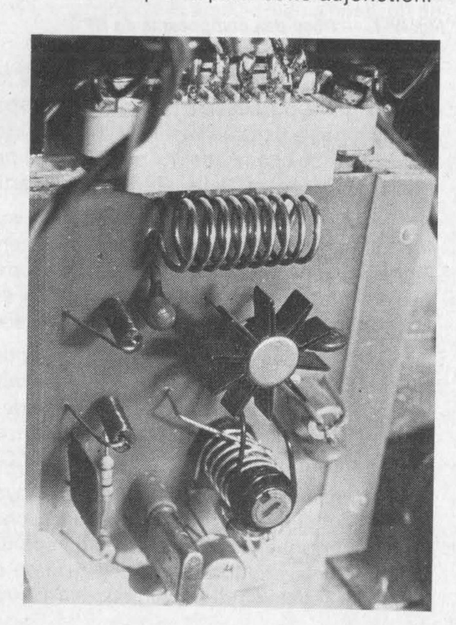


Photo IV-B. — Platine HF2 ; 72 MHz. 700 mW. Le tiroir est enfiché. Remarquer le connecteur et les glissières.

2. Le schéma (Fig. IV-9)

Le transistor T_1 est monté en oscillateur pilote. On retrouve un circuit accordé sur 72 MHz dans son collecteur. Le quartz, partiel 5 (car la fréquence est plus élevée qu'en 27 MHz) réinjecte sur la base la tension nécessaire à l'accrochage. Toutefois, pour améliorer le rendement de l'étage et en tirer plus d'énergie, un petit ajustable 3/10 pF réinjecte lui aussi une certaine fraction de la HF produite sur la base. La prise intermédiaire permettant d'avoir la phase désirée pour cette réinjection. Attention cependant, si le 3/10 est réglé à une valeur trop forte, le transistor oscille... sans le quartz, ce qui bien sûr est tout à fait malencontreux. L'énergie HF est captée par L_2 et transmise au PA, réalisé avec un transistor monté en base commune. Ce PA ne comporte aucun réglage, les éléments utilisés ayant les caractéristiques optimales. Le transistor T_3 assure la modulation d'amplitude à 100 % en coupant tout simplement le retour à la masse du courant émetteur de T_2. Le montage est donc particulièrement simple, mais méfions-nous, en électronique, les circuits les plus rudimendaires ne sont pas toujours les plus faciles à maîtriser !

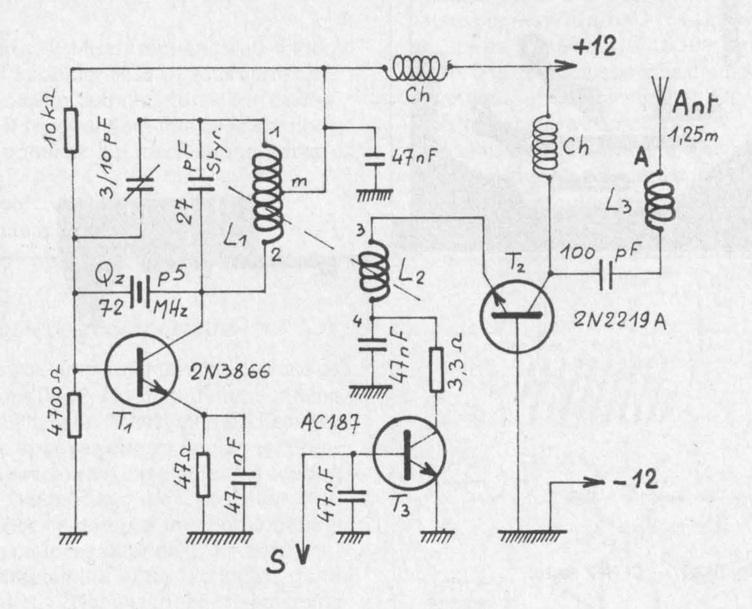


Fig. IV-9. — Schéma de HF2.

a) Le CI

Voir HF1 pour tous détails mécaniques.

Le CI est donné en figure IV-10. Sa réalisation est des plus simples. (Recto en fig. IV-11.)

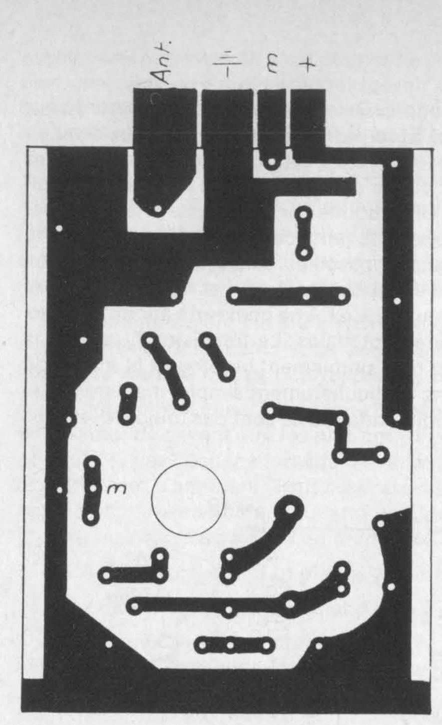


Fig. IV-10 — CI HF2 verso.

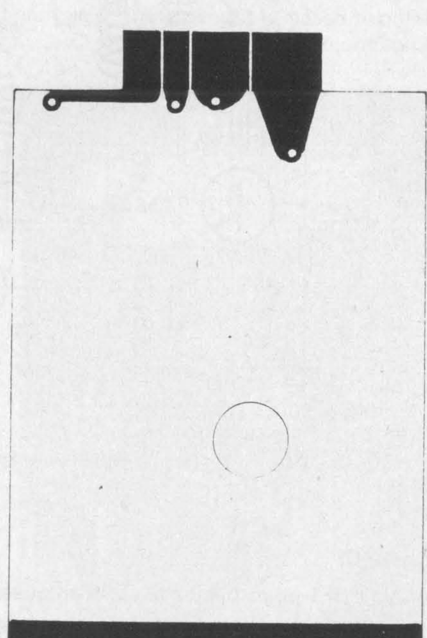


Fig. IV-11. — CI HF2 recto.

b) Liste des composants

1 2N3866 (Motorola)
1 2N2219A
1 AC187

1 27 pF styroflex
1 100 pF perle céramique
4 47 nF GFO 12 ou mieux 16 V
1 3/10 pF EA10 RTC

1 3,3 Ω 1/4 W
1 47 Ω 1/4 W
1 4700 Ω 1/4 W
1 10 kΩ 1/4 W

1 Quartz 72 MHz, fréquence au choix, partiel 5, boîtier HC6 U. Attention, certains quartz subminiatures en boîtier HC25 U fonctionnent mal avec ce montage, donnant des oscillations parasites.
1 support.
1 radiateur pour TO5.

L_1L_2 : sur mandrin de 6 mm, avec noyau.
L_1 : 5 spires 1/2 de fil étamé 7/10. Longueur du bobinage 9 mm. Prise à 3 spires 1/4 du point 2, situé en bas du mandrin.
L_2 : 2 spires 1/2 de fil émaillé 8/10, jointives et placées sur le même mandrin, à côté de L_1 (point 1) donc vers le haut.
Distance ajustable de l'ordre du mm.
L_3 : en l'air. 9 spires de fil 10/10 nu. ∅ int. 8 mm. L 20 mm.
Chocs : bobiner sur une résistance bien cylindrique, ∅ 3 à 4 mm, L 10 mm, de valeur supérieure à 100 kΩ, le maximum de spires jointives, fil 15/100 émaillé. Coller à la cellulosique puis dénuder les extrémités et souder sur les fils de la résistance, au ras du corps.
Ces selfs de choc (inductances d'arrêt, pour les puristes !) peuvent être des modèles surmoulés du commerce. Valeur 3,9 μH.

c) Pose des composants

Suivre simplement les indications de la figure IV-12. Un petit détail : comme pour HF1, le AC187 est monté à l'envers, la tête appuyée contre la platine. Prendre la précaution d'isoler les fils avec un petit souplisso. Le radiateur du 2N2219A ne doit pas toucher la bobine L_3. Le condensateur de 27 pF est à souder directement entre les pattes de la bobine L_1. Ne pas oublier les ponts recto-verso et le fil mm.

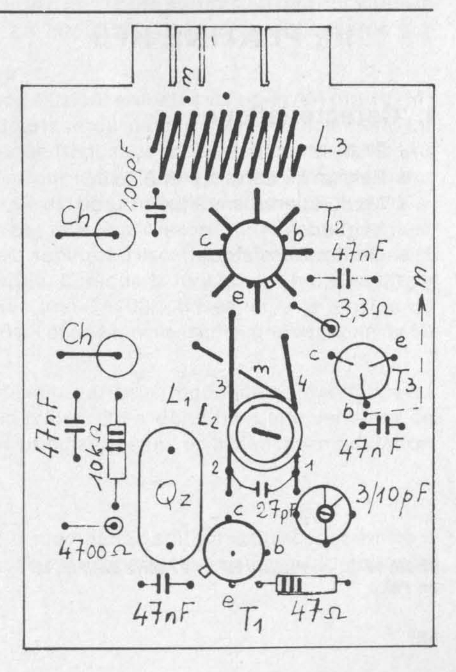


Fig. IV-12. — Pose des composants de HF2.

d) *Mise en service*

- Court-circuiter le AC187.
- Souder un témoin HF entre la sortie antenne (A) et la masse : une ampoule 6 V/0,1.
- Alimenter en 12 V en intercalant un milliampèremètre.
- Le quartz placé, le 3/10 à mi-course, le noyau de L_1 sorti, surveiller le témoin HF. Visser le noyau lentement jusqu'à allumage de la lampe. Chercher le maximum. Enlever le quartz : le témoin doit s'éteindre, sinon réduire la valeur du CV et reprendre les réglages. Attention, quand l'étage pilote n'oscille pas, le transistor T_1 chauffe, avec un débit de l'ordre de 50 mA. En marche normale, il est tiède.

En cas de grosses difficultés de mise en service, nous conseillons de supprimer le 2N2219A et de souder une 6 V / 50 mA entre les sorties de L_2. Lorsque le pilote oscille, le filament de l'ampoule rougeoie légèrement.

Réglages terminés, la consommation de la platine complète est de l'ordre de 70 mA. Pour cette mesure, les fils du galvanomètre seront très courts, faute de quoi les indications seront fantaisistes. Les fils captent, en effet de la HF, qui se détecte, on ne sait trop comment en provoquant des indications de l'appareil qui s'ajoutent ou se retranchent au débit réel, faussant toute lecture.

Supprimer maintenant toutes les adjonctions et enficher le tiroir dans l'émetteur. Retoucher les réglages pour avoir à l'oscilloscope, un signal d'amplitude maximum et parfaitement propre. Tous les conseils donnés pour HF1 sont valables.

III. PLATINE HF3

1. Caractéristiques

- 27 MHz
- Puissance entre 0,5 et 0,75 W
- Modulation d'amplitude ou de fréquence
- Quatre transistors.

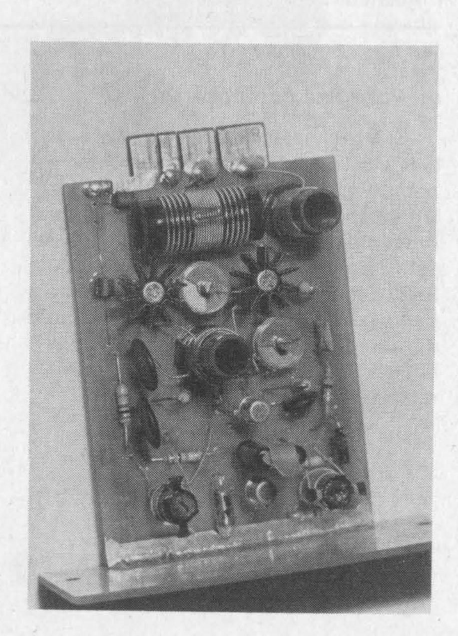


Photo IV-C. — Platine HF3 : 27 MHz AM/FM. Ici en FM.

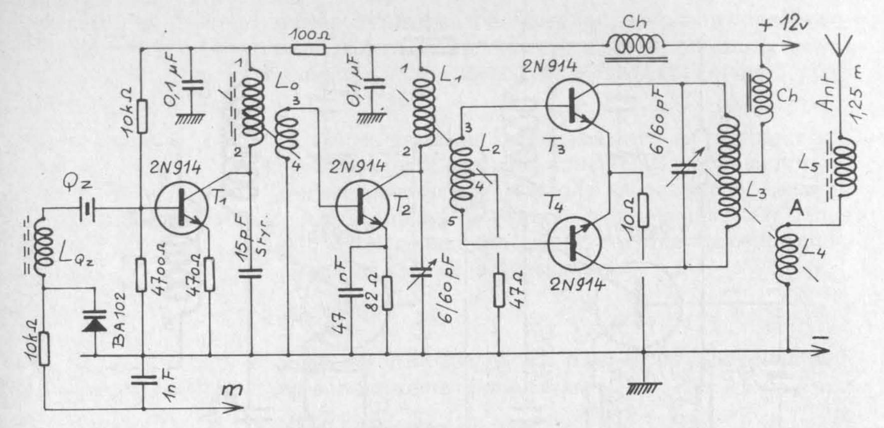


Fig. IV-13. — Schéma de HF3. FM.

2. Le schéma (Fig. IV-13)

Le transistor T_1 constitue l'étage pilote. Son fonctionnement est assez différent de celui des platines précédentes. En effet le quartz est ici monté entre base et masse. On remarque également l'absence de découplage de l'émetteur. Cette électrode n'est donc pas à la masse, du point de vue alternatif. Seules les capacités parasites constituent un condensateur de quelques picofarads. Dans ces conditions, apparaît sur la base, un effet de résistance négative et le circuit accordé à très haute surtension que constitue le quartz, transforme l'étage en oscillateur. Le circuit de collecteur est accordé sur 27 MHz.

Remarquons immédiatement la différence existant entre les versions AM (fig. IV-14) et FM (fig. IV-13). Dans le premier cas, le quartz retourne à la masse directement. Le pilote oscille sur la fréquence marquée et cette fréquence est parfaitement stable. Au contraire, dans le cas de la FM, le quartz ne retourne à la masse que par l'intermédiaire d'une diode spéciale, type Varicap. Cette diode est une sorte de condensateur variable, commandé non pas mécaniquement, mais par une tension électrique. La tension est inverse, c'est-à-dire que le potentiel positif est appliqué à la cathode : plus la tension est élevée et plus la capacité de la diode est **faible.** Lorsque la tension est nulle, la diode présente une capacité **maximum.** Ainsi, avec une BA102, utilisée ici, une tension de + 8 V donne une capacité de quelque 20 à 25 pF et une tension nulle, une capacité de 50 à 60 pF.

Cette variation de capacité a pour effet de faire varier la fréquence de résonance du quartz, donc celle de la HF produite par le pilote. On a donc bien une variation de fréquence, en fonction du signal appliqué à la diode Varicap : on a bien une **modulation de fréquence.**

Rappelons :

- En AM, la fréquence de l'émetteur est fixe, la modulation agit sur la puissance émise.
- En FM, c'est la puissance émise qui est fixe, la modulation agit sur la fréquence qu'elle fait varier *légèrement*.

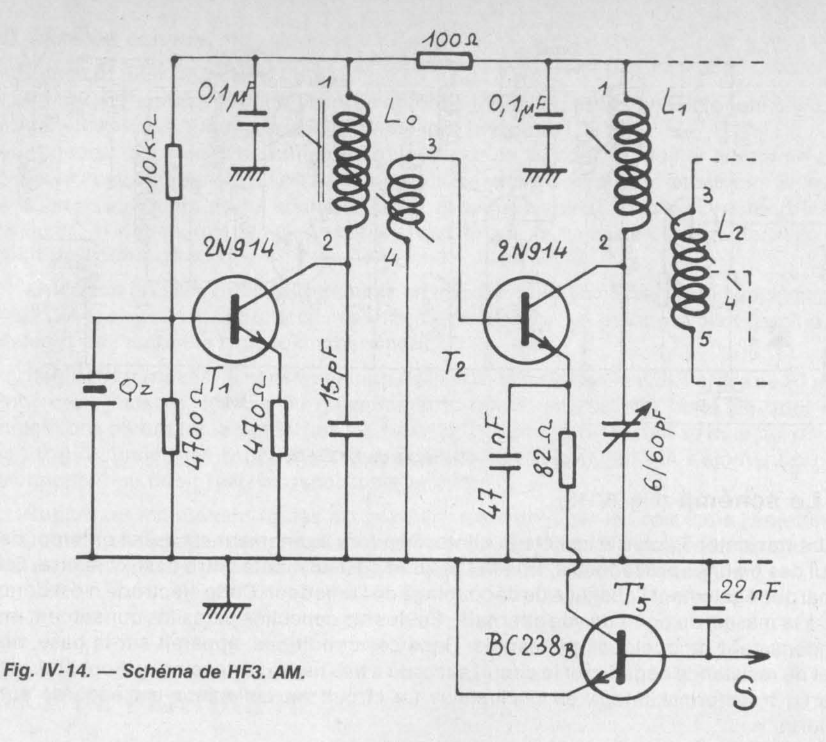


Fig. IV-14. — Schéma de HF3. AM.

Ainsi, en radiodiffusion (FM à large bande), la variation de fréquence est de ± 75 kHz au maximum, pour une porteuse de quelque 100 MHz.

En radiotéléphonie, (FM à bande étroite, dite NBFM : Narrow Band Frequency Modulation) elle est de ± 5 kHz, quelle que soit la fréquence émise.

Pour la radiocommande, c'est évidemment la NBFM qu'il faut utiliser, avec une variation de fréquence (ou excursion de fréquence ou swing) de seulement ± 2,5 kHz. Ainsi, si notre émetteur rayonne, au repos, une porteuse de 27 MHz, en modulation de fréquence, celle-ci passera de 27 000 — 2,5 = 26997,5 kHz à 27 000 + 2,5 = 27002,5 kHz, la puissance restant **constante.**

Les avantages de la FM sont connus :

- Bonne qualité de la transmission, ce qui est peu important en RC, le message à transmettre étant assez rudimentaire.
- Bonne insensibilité aux parasites, ce qui est par contre, très important.
- Meilleure résistance aux perturbations et interférences diverses, ce qui est appréciable.

Signalons encore deux autres avantages moins évidents :

- Amplitude parfaitement constante du signal à la réception, cette amplitude ne dépendant que du swing de l'émetteur. Avec l'éloignement, le signal se noie progressivement dans le bruit. Cette particularité est fort intéressante au niveau de l'étage d'entrée du décodeur.
- Elimination quasi totale du difficile problème de la résistance du récepteur à la saturation, lorsque l'émetteur est très proche. Aucun circuit de CAG (commande automatique du gain du récepteur) n'est nécessaire. L'avantage n'est pas mince ! Le swing est volontairement limité car les récepteurs de RC sont très sélectifs : leur bande passante est de l'ordre de 5 à 10 kHz. Il ne faut donc jamais déborder de cette bande, sous peine d'un rendement catastrophique de la transmission.

Mais revenons à notre étage pilote :

En AM, comme en FM, le quartz est un modèle normal, c'est-à-dire taillé en partiel 3, donc oscillant directement sur son troisième harmonique.

— En AM : le retour du cristal à la masse est direct.

— En FM : par contre, le retour à la masse se fait par l'intermédiaire du bobinage L_{Qz}, dont le rôle est d'augmenter l'efficacité de la diode Varicap BA102. Noyau dévissé, le swing est minimum. Complètement vissé, il est maximum. Pour un fonctionnement correct, c'est-à-dire un swing de 3 à 4 kHz, la fréquence NOMINALE de l'émetteur est environ 5 kHz sous la fréquence marquée. Se souvenir de ce détail, lors de la commande du quartz, si l'on désire une fréquence de travail bien déterminée. Par exemple : fréquence désirée 27095 kHz. Il faut commander un quartz marqué 27095 + 5 = 27100 kHz.

Voyons maintenant les autres étages de HF3.

En FM, la haute fréquence est transmise par un enroulement de couplage à la base de l'étage « driver » T_2. Cet étage est absolument indispensable, car il isole le pilote de l'étage de sortie. On évite ainsi des variations de fréquence indésirables qui ne manqueraient pas de se produire autrement, en touchant l'antenne, par exemple. L'étage apporte de plus un certain gain en puissance qui permettra d'envoyer au PA une énergie suffisante pour obtenir le 1/2 ou même les 3/4 W escomptés. On remarquera que le PA est absolument identique à celui de HF1. Le bon rendement est sauvegardé !

En AM, c'est sur l'étage driver que s'appliquera la modulation. (Voir fig. IV-14.) Le retour de T_2 se faisant à travers T_5, la HF ne sera transmise au PA, que si ce transistor est conducteur, c'est-à-dire si sa base est polarisée positivement. Le débit de T_2 étant assez faible, un simple transistor au silicium suffit pour cette fonction.

3. La réalisation Verso : fig. IV-15. Recto : fig. IV-16.

Toujours fabriqué avec la même technique en époxy double face de 15/10. Se reporter à la figure IV-15 pour le tracé et à HF1 pour les détails d'exécution.

On constatera que les versions AM et FM se réalisent sur le **même** circuit imprimé.

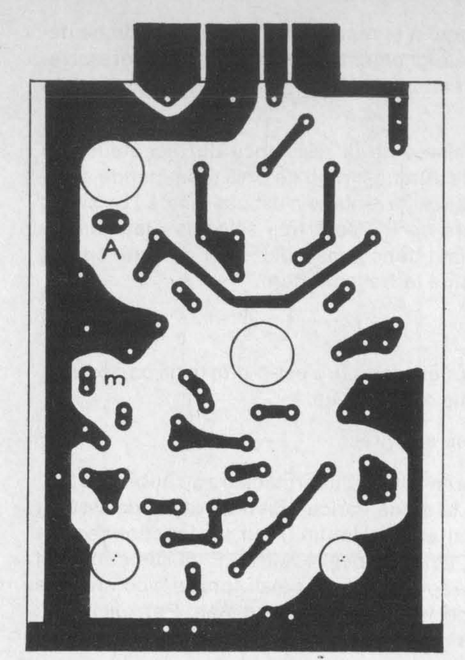


Fig. IV-15. — CI HF3 verso.

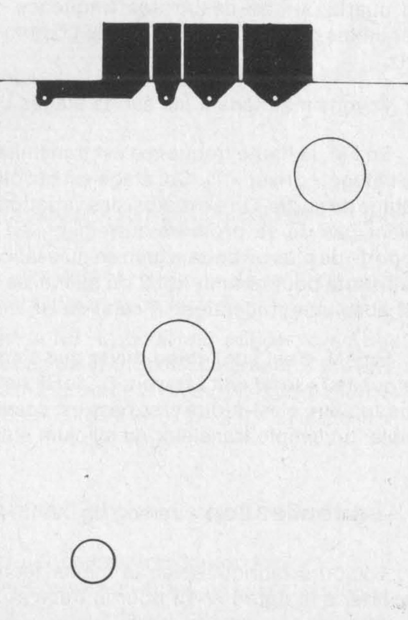


Fig. IV-16. — CI HF3 recto.

b) Liste des composants

Pour les deux versions (AM et FM)

4 2N914 (2 radiateurs sont conseillés)
1 BC238B

1 15 pF styroflex ou mica
2 6-60 pF EA60 RTC
1 22nF GFO 12 V
1 47nF GFO 12 V
2 0,1 μF GFO 16 V

1 10 Ω1/4 W
1 47 Ω 1/4 W
1 82 Ω 1/4 W
1 100 Ω 1/4 W
1 470 Ω 1/4 W
1 4700 Ω 1/4 W
1 10 kΩ 1/4 W

En plus, pour la FM :
1 BA102
1 1 nF perle céramique
1 10 kΩ 1/4 W

Bobinages :

L_0 : sur mandrin de 6 mm, avec noyau
Primaire : 17 spires jointives de fil émail-soie 30/100
Secondaire : 2 spires jointives de fil émail-soie 45/100, sur le primaire.
L_1L_2 : voir HF1
L_3L_4 : voir HF1
L_5 : voir HF1
chocs : voir HF1

Quartz :

en AM : type normal, fréquence au choix dans la gamme 27 MHz. Partiel 3. Boîtier HC25/U.

en FM : Idem, mais attention, la fréquence nominale obtenue est à 5 kHz sous la fréquence marquée.

Ajouter L_{Qz} : 25 spires 30/100 émail-soie, sur mandrin de 6 mm, avec noyau.
1 support de quartz.

c) Pose des composants

Quelle que soit la version choisie, le montage doit se faire obligatoirement en AM d'abord. En effet, c'est seulement en modulation d'amplitude qu'il sera possible de voir facilement si le fonctionnement de la platine est bon.

Se reporter donc à la figure IV-17.

Souder successivement les bobinages, les résistances, les condensateurs et enfin les transistors. N'oublier ni les ponts recto-verso des plages de contact, ni le fil mm. Noter aussi le petit pont ramenant le quartz à la masse.

d) Mise en service

Procéder comme pour HF1 :

- Court-circuit du BC238B
- Témoin HF (6 V, 50 mA) entre A et masse
- Fils + et — 12 V avec un milliampèremètre.

Quartz enlevé, le débit est de 6 à 7 mA.

Placer le quartz. Le débit doit immédiatement augmenter considérablement. Au besoin agir sur le noyau de L_0. Régler les deux CV pour obtenir un maximum de luminosité du thermique HF, lequel doit, si tout va bien, éclairer vivement. Le débit

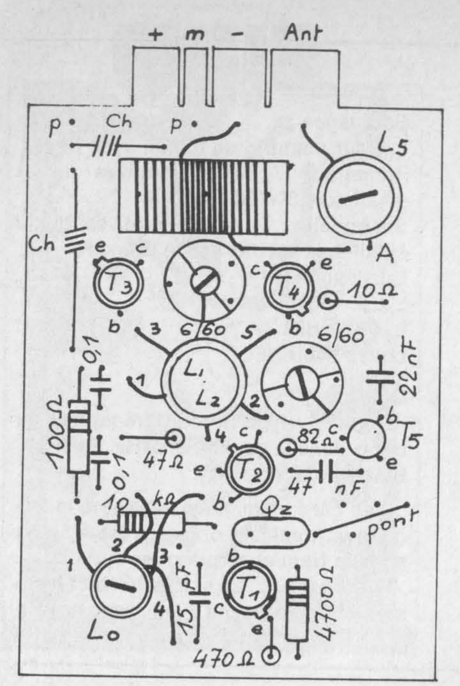


Fig. IV-17. — Pose des composants de HF3 en AM.

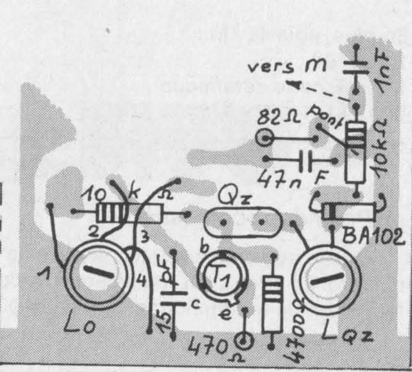


Fig. IV-18. — Variante FM.

dépasse 50 mA, pouvant atteindre 60 mA. La puissance peut d'ailleurs être un peu augmentée en diminuant légèrement la résistance de 470 Ω de T_1 et celle de 10 Ω du PA. (Prévoir alors des radiateurs sur les transistors de sortie.) Le fonctionnement étant jugé correct, supprimer toutes les adjonctions et monter normalement sur l'émetteur terminé.

Le contrôle final se fait à l'oscilloscope et doit comme avec les platines précédentes, donner un signal *sans défaut.* Retoucher tous les réglages pour obtenir un maximum d'amplitude (avec l'oscillo et avec le mesureur de champ).

Si la platine est destinée à l'AM, elle est terminée, mais pour la FM, il faut maintenant la modifier pour cette fonction. Supprimer le BC238B et ses composants. Monter la BA102, le 1 nF et la 10 kΩ. Ne pas oublier de relier le retour de la 82 Ω à la masse. Voir le détail de cette adaptation en figure IV-18. Intercaler L_{Qz}.

Enficher le tiroir dans l'émetteur mais relier le plot m du connecteur à la masse par une 10 kΩ. Mettre sous tension et retoucher tous les réglages pour avoir un maximum de rayonnement, au mesureur de champ.

La suite de l'opération *exige la possession d'un fréquencemètre numérique.*

Le point m toujours à la masse, mesurer la fréquence de l'émetteur, en couplant lâchement à L_1. Noter la valeur trouvée, soit F_1.

Relier maintenant le point m, toujours à travers la 10 kΩ au + 8,5 V du codeur. Mesurer à nouveau la fréquence, soit F_2 le résultat trouvé ($F_2 > F_1$). Le swing à obtenir, ($F_2 - F_1$) est de l'ordre de 3 à 4 kHz.

Régler L_{Qz} pour atteindre ce résultat en partant de la position noyau dévissé, donc swing minimum et en l'augmentant par petites retouches.

Le résultat acquis, retenir les fréquences F_1 et F_2 et calculer leur moyenne, laquelle sera la fréquence d'émission, fréquence qui servira d'ailleurs à régler, plus tard, le récepteur.

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

IV. PLATINE HF4

1. Caractéristiques

- 72 MHz
- Puissance entre 750 et 1 000 mW
- Modulation d'amplitude et de fréquence
- Trois transistors

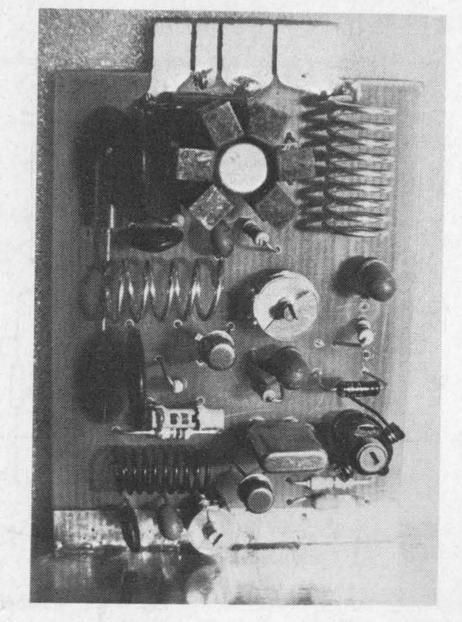


Photo IV-D. — HF4

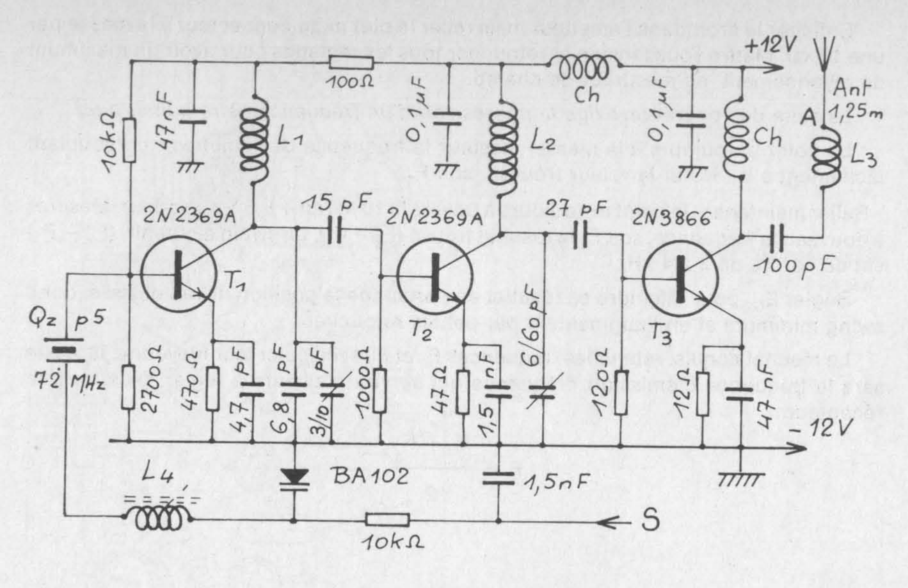


Fig. IV-19. — Schéma de HF4. FM.

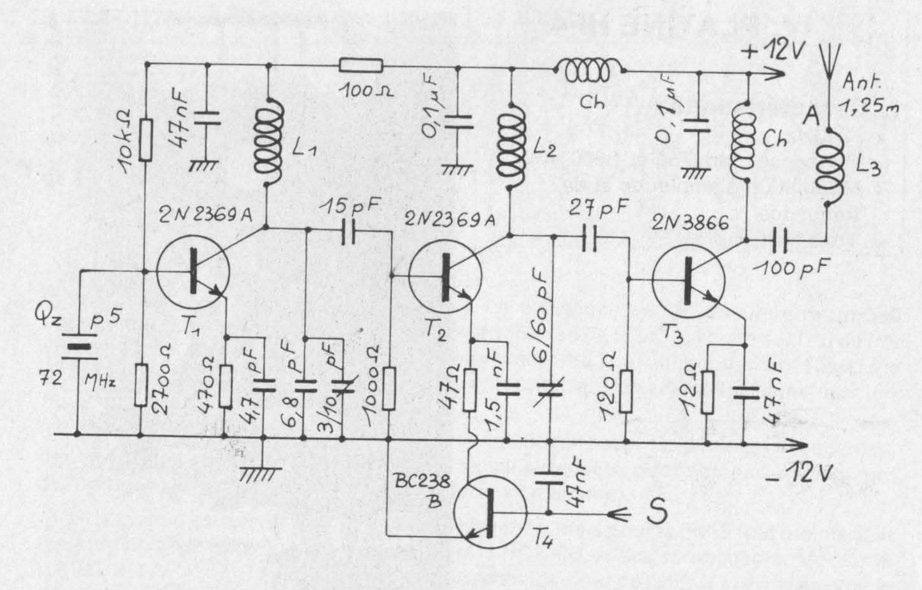


Fig. IV-20. — Schéma de HF4. AM.

2. Le schéma (fig. IV-19.)

Le schéma ressemble beaucoup à celui de la platine HF3 : trois étages également : le pilote, un driver et le PA. Quelques différences pourtant que nous allons analyser.

Le pilote est pratiquement identique. On remarque pourtant un condensateur matériel de 4,7 pF en découplage d'émetteur. T_1 est un 2N2369A, plus performant en 72 MHz. Le quartz est un partiel 5 normal aussi bien en AM qu'en FM. En modulation d'amplitude, il retourne à la masse directement, mais en modulation de fréquence, on retrouve la diode Varicap et en plus, en série avec le quartz, une inductance L_4 dont le rôle est d'augmenter l'efficacité de la Varicap et d'amener le swing à la valeur désirée, comme nous le verrons lors du réglage.

Le couplage entre le pilote et le driver est capacitif. Le gain de cet étage intermédiaire n'est pas négligeable. Le PA amplifie l'énergie reçue et l'amène à 1 W max. Le 2N3866 est monté en émetteur commun, mais le circuit de sortie est identique à celui de la platine HF2, qui avait donné satisfaction.

Comme pour HF3, la modulation d'amplitude se fait au niveau de l'étage driver, dont le retour s'effectue alors à travers un BC238B. (Voir fig. IV-20.)

3. La réalisation

a) Le CI

On en trouve le dessin en figure IV-21. Toujours en époxy 15/10. Voir les détails dans les descriptions précédentes. (Recto : fig. IV-22.)

b) Liste des composants

Pour les deux versions (AM et FM)

2 2N2369A
1 2N3866 (ou 2N2219A) Motorola.
1 BC238B (BA102 en FM)

1 4,7 pF cér.
1 6,8 pF cér.
1 15 pF cér.
1 27 pF cér.
1 100 pF cér.
1 1,5 nF cér. (+ 1 en FM)
2 47 nF GFO
2 0,1 µF GFO 16 V
1 3/10 pF EA10 RTC
1 6/60 pF EA60 RTC

1 12 Ω 1/4 W
1 47 Ω 1/4 W
1 100 Ω 1/4 W

1 120 Ω 1/4 W
1 470 Ω 1/4 W
1 1000 Ω 1/4 W
1 2700 Ω 1/4 W
1 10kΩ 1/4 W (+ 1 en FM)

1 quartz, bande 72 MHz, fréquence au choix (voir texte pour FM), partiel 5, boîtier HC25 U.
1 support
1 radiateur pour TO5

L_1 : en l'air, ∅ int 6 mm, L 13,5 mm, fil de 8/10 émaillé, 9 spires.
L_2 : en l'air, ∅ int 7 mm, L 16,5 mm, fil nu de 10/10 étamé, 5 spires.
L_3 : en l'air, ∅ int 8 mm, L 20 mm, fil nu de 10/10 étamé, 9 spires
L_4 : sur mandrin de 6 mm, avec noyau, 10 spires de fil 5/10 émaillé, L 5,5 mm.
Chocs : voir platine HF2.

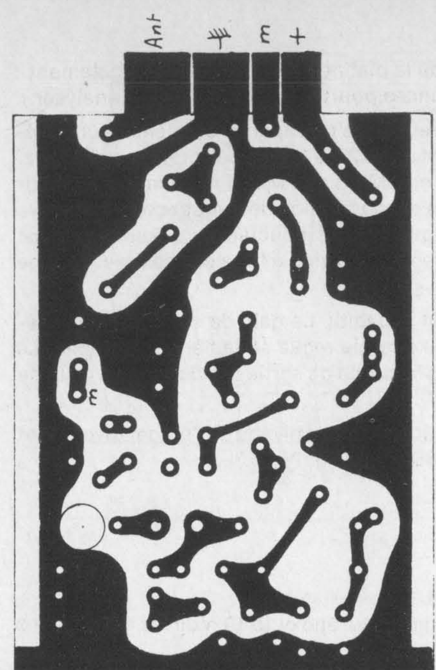


Fig. IV-21. — CI HF4 verso.

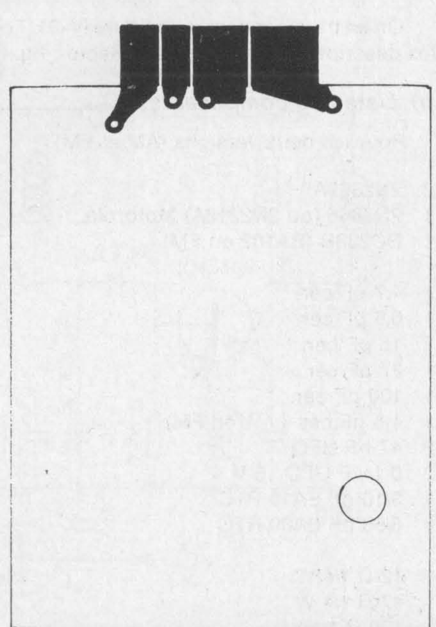


Fig. IV-22. — CI HF4 recto.

c) Pose des composants

Le câblage doit se faire obligatoirement en AM pour la mise au point.

Se reporter par conséquent à la figure IV-23 et à la variante AM de la figure IV-24. Commencer par la pose des bobinages, dont la position et la forme seront soignées. Souder les condensateurs ajustables, les condensateurs céramiques et les résistances. Terminer par la pose des transistors. Veiller à ce que le radiateur de T_3 ne touche pas les composants voisins. Ne pas oublier les ponts recto-verso et la liaison mm, côté cuivre.

d) Mise en service

- Court-circuiter le BC238B
- Souder une 12 V, 0,1 A entre la sortie antenne (A) et la masse.
- Alimenter en 12 V à travers un milliampèremètre. Il faut des fils très courts, faute de quoi les lectures seront aberrantes.
- Quartz enlevé, le débit est de 4 à 5 mA.
- Placer le quartz, les deux CV à mi-course. Le débit doit devenir nettement plus important. Au besoin rechercher l'accrochage du pilote par le réglage du 3/10 pF. Le témoin doit s'allumer en même temps que le débit augmente. Fignoler les réglages des CV pour un maximum de HF. La consommation s'établit aux environs de 75 mA. Enlever le quartz : le débit retombe à 5 mA.

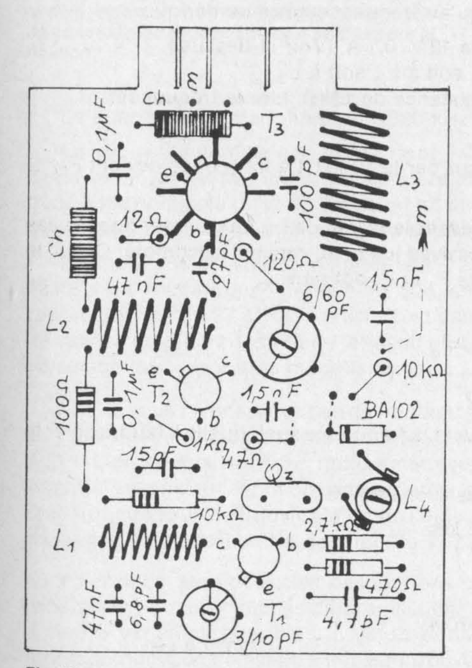


Fig. IV-23. — Pose des composants de HF4. FM.

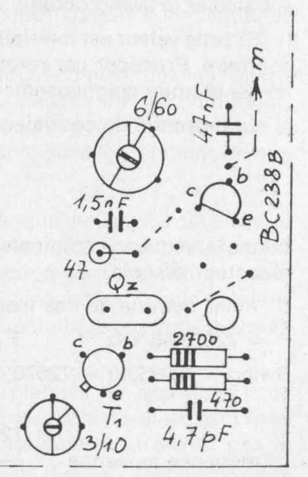


Fig. IV-24. — Variante AM.

Supprimer toutes les adjonctions et enficher le tiroir dans l'émetteur.

Observer le signal à l'oscilloscope, antenne déployée.

Retoucher les réglages pour tirer un maximum d'amplitude. On remarquera que le réglage du 3/10 pF influe beaucoup sur la forme. Le bon réglage est celui qui ne donne pas de pointes de dépassement positives aux fronts montants des signaux rectangulaires du codeur. Il est préférable de régler juste avant l'apparition de ces pointes, les angles des créneaux étant légèrement arrondis.

Attention, antenne rentrée, le 2N3866 souffre et manifeste son mécontentement par une forte « fièvre ». Eviter absolument le fonctionnement dans ces conditions. S'il était nécessaire de faire fonctionner l'émetteur à rayonnement très faible, pour une raison ou une autre, il faudrait enlever l'antenne complètement et la remplacer par la 12 V, 0,1 A, branchée hors boîtier, entre la sortie antenne et la masse du coffret (prise par ex. sous une des vis de fixation du couvercle). Nous utiliserons d'ailleurs cette disposition pour tester, par la suite, la sensibilité du récepteur.

Lorsque le signal observé sur l'oscillo donne toute satisfaction par sa qualité, la platine est terminée pour l'AM.

Pour la FM, il faut supprimer le BC238B et refaire le câblage de la figure IV-23. Remettre sous tension et retoucher très légèrement les réglages des CV pour un maximum de déviation du mesureur de champ.

La suite du réglage ne peut se faire qu'au fréquencemètre numérique.

- Enlever l'antenne et la remplacer par la 12 V, 0,1 A. (Voir ci-dessus.)
- Coupler lâchement le fréquencemètre, soit à L_2, soit à L_3.
- Relier à la masse le plot m par une résistance de 10kΩ. Lire la fréquence.

Soit F_1 le résultat trouvé.

- Relier maintenant m au + 8 V du codeur par la 10 kΩ. La fréquence devient F_2.
- Calculer le swing obtenu : $F_2 - F_1$.

Si cette valeur est inférieure à 5 kHz, **visser** le noyau de L_4. Le dévisser dans le cas contraire. Procéder par retouches successives jusqu'au résultat escompté. Coller le noyau et noter soigneusement les valeurs F_1 et F_2 définitives.

La moyenne de ces valeurs :

$$\frac{F_1 + F_2}{2} = F$$

donne la fréquence nominale de l'émetteur et la fréquence sur laquelle il faudra caler le récepteur associé.

Ainsi, sur une de nos maquettes, nous avons relevé :

$F_2 = 72075{,}40$ kHz $\quad F_1 = 72070{,}40$ kHz

Swing = 72075,40 — 72070,40 = 5 kHz

$$\text{Fréquence moyenne} \quad \frac{72075{,}4 + 72070{,}4}{2} = 72072{,}9 \text{ kHz}$$

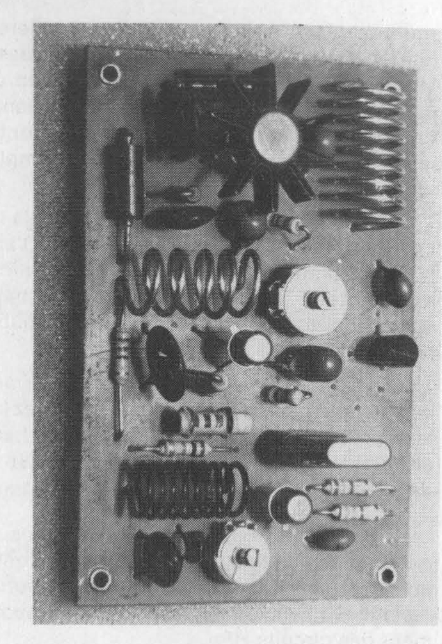


Photo IV-E. — Platine HF4 en AM. La photographie montre qu'il est possible de ne pas retenir la disposition en tiroir : supprimer la languette de connexion et souder 4 pieds d'angles pour la fixation.

Le quartz utilisé était marqué 72080 kHz.

La fréquence nominale se trouve donc 7 kHz environ sous celle marquée du quartz. Cette remarque est très importante pour la commande du quartz : si vous voulez que la fréquence nominale de votre émission ait une valeur donnée, il faudra commander un quartz ayant une fréquence marquée supérieure de 7 kHz.

Exemple : vous voulez émettre sur 72300 kHz : vous commandez un quartz 72307 kHz. Remarquons cependant que, en 72 MHz, les canaux utilisés sont moins rapprochés qu'en 27 MHz, il n'est donc pas gênant du tout d'émettre 7 kHz sous la fréquence du quartz. Il suffit de le savoir et d'en tenir compte dans les relations de bon voisinage avec les autres modélistes.

NB. Si vous ne possédez pas de fréquencemètre numérique, nous vous conseillons de vous mettre en contact avec le réseau des radio-amateurs de votre département (REF). L'un au moins de ces radio-émetteurs possède à coup sûr l'appareil qui vous manque. Le meilleur esprit de camaraderie existant dans l'association, il nous surprendrait fort que vous ne trouviez là, toute l'aide matérielle et technique que vous pourriez souhaiter. Voir aussi en fin de chapitre V (page 120).

Voici donc terminées, les descriptions des diverses platines HF que nous vous proposons : quatre modèles différents, dont les deux derniers sont doubles, cela vous donne 6 variantes possibles. Il serait donc étonnant que vous ne trouviez pas le montage qui vous convient. Peut-être trouvez-vous que ces platines disposent d'une trop faible puissance ? Alors vous avez tort : même HF1, avec son 1/3 de watt donne

toute satisfaction. L'augmentation régulière de la puissance des émetteurs n'est absolument pas une solution aux problèmes des interférences. Croyez-vous que l'on s'entende mieux dans un milieu bruyant, en criant tous ? De toute manière, avec nos émetteurs portatifs, nous partons perdants, car les perturbateurs notoires (radiotéléphones ou autres « bigophoneurs ») ont la partie belle avec leurs dizaines de watts, leurs antennes développées et leurs amplis linéaires ! Alors 1 watt ou 1,2 watt n'y change rien !

Par contre, une augmentation de la puissance émise, augmente d'autant la consommation et... réduit l'autonomie. D'autre part les difficultés de réalisations sont bien plus grandes : risques d'auto-oscillation parasite, de rayonnement intempestif sur les circuits BF. Les blindages deviennent nécessaires, un luxe de précautions indispensable. Non, vraiment, hormis l'argument publicitaire utile aux fabricants, le jeu n'en vaut pas la chandelle !

Les platines ont été décrites sous la forme de tiroirs. Si cette solution vous semble un peu compliquée, rien de grave : supprimez la languette d'emboîtement dans le connecteur, prévoyez quatre trous d'angles et... fixez de la manière classique, avec boulons et entretoises de 6 à 8 mm. Mais gageons que vous finirez par le regrettez ! (Voir exemple de la photographie E (page 71).

N.B. — Dans nos dernières réalisations, nous avons conservé **tout** le plan de masse au recto des platines HF, en adoptant donc la même technique que celle préconisée pour les récepteurs. Voir 3a, pages 91 et 94. Les pistes des languettes d'enfichage restent évidemment séparées. Cette disposition ne peut qu'améliorer le fonctionnement des circuits HF.

Chapitre 5 LES RÉCEPTEURS

Le récepteur constitue le maillon **essentiel** d'une installation de radiocommande. Il lui confère ses qualités essentielles :

— Sensibilité, assurant une grande portée.

— Sélectivité, permettant l'élimination des rayonnements indésirables : interférences, parasites ou simplement, émission du « copain » qui vole en même temps que vous !

— Résistance à la saturation, conservant un bon fonctionnement de l'ensemble, même lorsque émetteur et récepteur sont très près l'un de l'autre, ce qui se produit obligatoirement au départ du modèle.

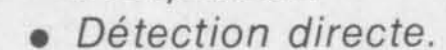
— Fidélité, permettant de restituer sans les déformer, les signaux transmis par l'émetteur.

Le récepteur est aussi le sous-ensemble le plus délicat à fabriquer : ses dimensions sont nécessairement réduites, ce qui ne simplifie ni le travail mécanique, ni le travail électrique, en augmentant par exemple les risques d'accrochages par la grande proximité des pièces. Les mesures sont très délicates à mener, à cause des faibles signaux mis en jeu et des perturbations causées par la mesure elle-même. Il faudra donc apporter à la réalisation du récepteur, le plus grand soin possible. Eviter absolument de faire des modifications électriques des montages proposés. Eviter même une simple modification des positions relatives des composants. L'auteur a étudié des récepteurs qui fonctionnent parfaitement, mais si vous y changez ceci ou cela, alors... à vos risques et périls !!

Les récepteurs que nous allons décrire vont du plus simple au plus compliqué. Ils répondent à tous les besoins de la radiocommande. Notons encore pour conclure ce préambule que si les récepteurs RX1, RX2, RX3 décrits dans les pages suivantes sont restés inchangés par rapport à la première édition, par contre les RX4, RX5, RX6, RX7 et RX8 ont été repris : les bobinages HF à air étant remplacés par des bobines blindées du commerce. Si les performances ne sont pas améliorées, du moins la réalisation est plus simple pour l'amateur et la reproductibilité mieux asurée.

I. RÉCEPTEUR RX1

1. Caractéristiques



- *27 ou 72 MHz en modulation d'amplitude.*
- *Détection directe.*
- *Faible sélectivité.*
- *Faible sensibilité.*
- *Utilisation :*
  Commande à très courte distance.
  Récepteur expérimental d'atelier.

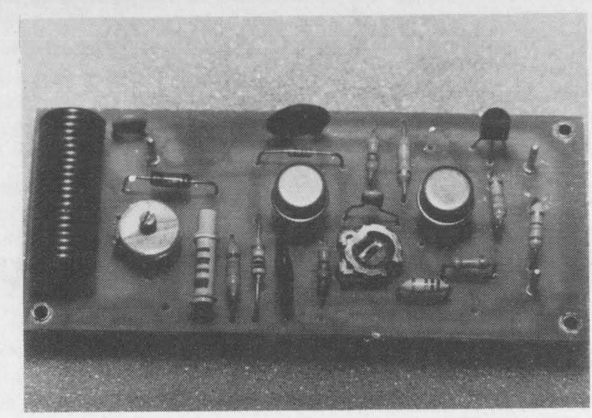


Photo V-A. — RX1.

2. Le schéma

Nous le trouvons en figure V-1. Il est à la fois très simple par le faible nombre des composants nécessaires, mais élaboré par la qualité de ces derniers. La technologie la plus récente a été retenue : l'amplificateur opérationnel (AmOp) ayant été utilisé systématiquement.

On remarque d'abord le circuit accordé sur 27 (ou 72) MHz relié à l'antenne. La diode OA 90 détecte les signaux reçus et les envoie vers l'entrée du premier AmOp, un très classique 741. Les signaux détectés sont positifs à cause du sens de la diode. Le premier 741 reçoit ces tensions sur son entrée e+. Son montage est assez spécial : en effet le gain est normalement déterminé par les résistances des éléments r_1 et r_2 de contre-réaction.

$$G = \frac{r_1 + r_2}{r_1}$$

Or ici, r_2 est une diode au silicium.

- Si la tension de sortie du 741 est inférieure à la tension de seuil de la diode, (0,5 V environ) l'AmOp tend à se mettre en « boucle ouverte » et le gain devient très important. Il en ressort une grande amplification des signaux faibles.
- Si la tension de sortie de ce 741 est supérieure à 0,5 V, alors la diode conduit réduisant le gain en conséquence.

L'amplificateur présente ainsi un gain variable avec le niveau HF détecté. Il s'agit donc d'un véritable CAG basse fréquence. Remarquons cependant qu'un tel montage n'est pas à ranger dans la catégorie « Haute Fidélité », ce dont nous n'avons cure en RC puisque nos signaux sont toujours rectangulaires et écrêtés par la modulation à 100 % de l'émetteur.

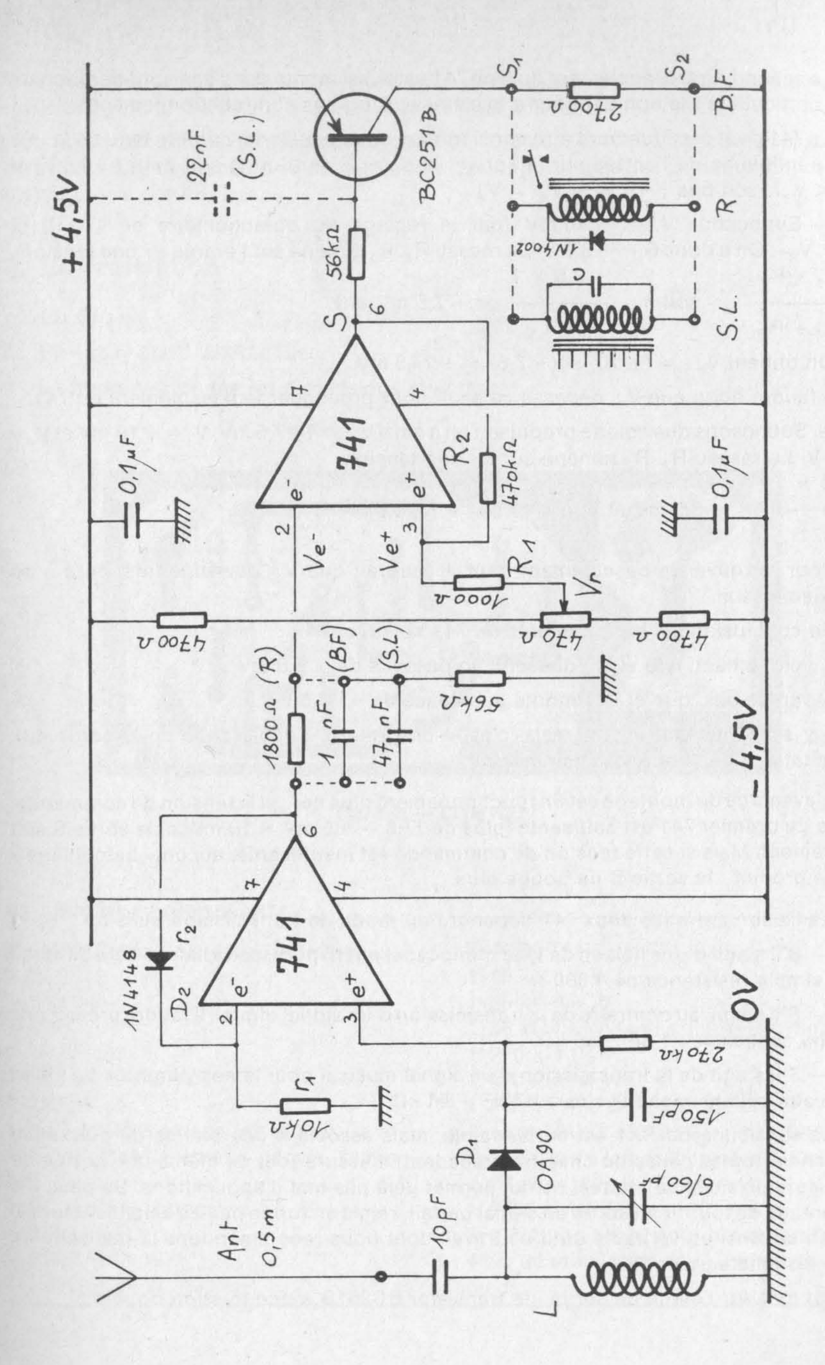


Fig. V-1. — Schéma de RX1.

Le second AmOp, également du type 741 est aussi monté dans une configuration un peu particulière : le comparateur à hystérésis. Etudions son fonctionnement :

Le 741 peut pratiquement être considéré en boucle ouverte, compte tenu de la très faible influence de l'entrée sur la sortie : le point S sera donc soit **haut** (+ 3,5 V) si $V_{e-} < V_{e+}$, soit **bas** (— 4 V) si $V_{e-} > V_{e+}$.

— Supposons V_r = + 10 mV (par le réglage du potentiomètre de 470 Ω) et $V_{e-} < V_{e+}$. On a donc S = + 3,5 V. Le réseau R_2, R_1 ramène sur l'entrée e+ une tension

$$\frac{V_s \times R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{soit} \quad \frac{+3,5 \times 1}{471} = +7,5 \text{ mV env.}$$

On obtient V_{e+} = (+ 10) + (+ 7,5) = + 17,5 mV.

Il faudra donc que V_{e-} dépasse ce seuil pour provoquer le basculement du 741.

— Supposons que cela se produise : on a ainsi $V_{e-} \geq +17,5$ mV, V_1 = + 10 mV et V_s = — 4 V. Le réseau R_1, R_2 ramène sur e+ une tension

$$\frac{-4 \times 1}{471} = -8,5 \text{ mV et } V_{e+} = (+10) + (-8,5) = +1,5 \text{ mV}$$

Pour retrouver le basculement **haut,** il faudrait que V_{e-} devienne inférieure à ce deuxième seuil.

En conclusion les basculements du 741 ne se font

- vers le haut, que si V_{e-} descend en dessous de + 1,5 mV
- vers le bas, que si V_{e+} monte au-dessus de + 17,5 mV.

Il y a phénomène d'hystérésis, c'est-à-dire retard d'obéissance de la sortie aux sollicitations de l'entrée de commande.

L'avantage du montage est un fonctionnement plus net : si la tension de commande, issue du premier 741 est suffisante (plus de 17,5 — 1,5 mV = 16 mVcc) la sortie S suit fidèlement. Mais si cette tension de commande est insuffisante, aucun « bafouillage » ne se produit : la sortie S ne bouge plus.

La liaison entre les deux 741 dépendra du mode de transmission utilisé :

— S'il s'agit d'une liaison de type monocanal en HF pure, cette liaison sera directe : une simple résistance de 1 800 Ω.

— S'il s'agit, au contraire de la transmission d'un signal digital, il faudra prévoir une liaison capacitive : 1 nF + 56 kΩ.

— S'il s'agit de la transmission d'un signal musical pour lames vibrantes ou filtres BF, cette cellule capacitive sera 47 nF + 56 kΩ.

La sensibilité du RX1 est certes faible, mais associé à une platine de puissance moyenne (toutes celles du chapitre précédent) il assure tout de même une portée de plusieurs dizaines de mètres, ce qui permet déjà pas mal d'applications. De plus, il a l'avantage de fournir en sortie un signal parfait, remis en forme par les amplificateurs. Il constitue ainsi un véritable outil de travail dont nous recommandons la réalisation à tous les amateurs de RC.

Un mot sur l'étage de sortie : le transistor BC251B a une mission double :

- Augmenter les performances de la sortie en puissance : alimentation directe d'un relais 300 Ω, d'un sélecteur à lames vibrantes... d'une lampe témoin.
- Avoir aux bornes de la résistance de 2 700 Ω, (à utiliser avec les systèmes digitaux ou à filtres BF), une tension de sortie calibrée par les potentiels de l'alimentation, ce qui n'était pas le cas en S.

3. La réalisation

a) Le CI

En époxy 15/10, simple face.

La figure V-2 donne les dimensions et le tracé.

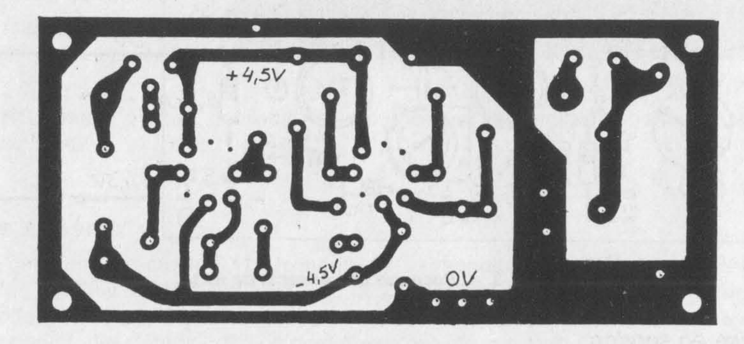


Fig. V-2. — CI de RX1.

b) Liste des composants

2 LM741CH (ou μA741 ou TBA221)	2 4 700 Ω 1/4 W
1 BC251B	1 10 kΩ 1/4 W
1 1N4148	1 56 kΩ 1/4 W
1 OA90	1 56 kΩ 1/4 W (lames, filtres BF, digital)
1 10 pF cér.	1 270 kΩ 1/4 W
1 6/60 pF EA60 RTC	1 470 kΩ 1/4 W
1 150 pF cér.	1 Pot. Aj 470 Ω type EO86 couché.
1 1 nF MKM Siemens (en digital)	1 relais KAKO 300 Ω 1RT + 1 1N4002 ou
1 47 nF MKM Siemens (lames, filtres BF)	1 sélecteur à lames vibrantes + C d'accord (voir plus loin) ou
1 22 nF GFO (Lames)	1 2700 Ω 1/4 W
2 0,1 μF GFO	3 picots de 1 mm pour branchements.
1 1 000 Ω 1/4 W	4 cm de tube laiton de ∅ 3 mm pour les pieds.
1 1 800 Ω 1/4 W (relais)	

c) *Pose des composants*

Il suffit de se reporter à la fig. V-3. Tous les composants sont à l'aise et la réalisation ne pose aucun problème. La figure a été dessinée avec la liaison 1 nF + 56 kΩ. Adapter au besoin.

L en 27 MHz : 21 spires jointives en fil émaillé de 10/10. ∅ int. 8 mm L 25 mm.

L en 72 MHz : 7 spires écartées en fil nu étamé de 10/10. ∅ int. 8 mm L 25 mm.

Un picot est prévu pour la fixation de l'antenne de 50 cm, deux autres pour les points S1 et S2 de sortie. Les fils d'alimentation sont soudés côté cuivre.

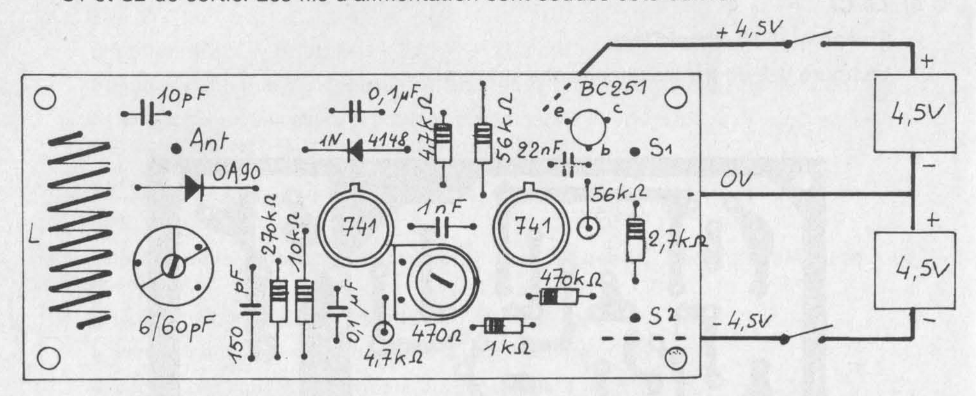


Fig. V-3. — Pose des composants de RX1.

d) *Mise en service*

Brancher l'antenne et mettre sous tension, tous réglages à mi-course.

Allumer l'émetteur et rechercher par le CV la réception maximum, contrôlée soit à l'oscillo (ou au casque) s'il s'agit d'une modulation, soit simplement au voltmètre s'il s'agit de HF pure. Le potentiomètre de 470 Ω est à régler pour obtenir la meilleure sensibilité, compatible avec le niveau des parasites existants.

II. RECEPTEUR RX2

1. Caractéristiques

- *27 MHz à modulation d'amplitude. 72 MHz de même.*
- *Superréaction à transformateur.*
- *Bonne sensibilité.*
- *Faible sélectivité.*
- *Alimentation ± 4,5 V (2 piles de 4,5 V).*
- *Utilisations :* RC bateau, en des endroits peu troublés par les radiotéléphones et talkies-walkies.

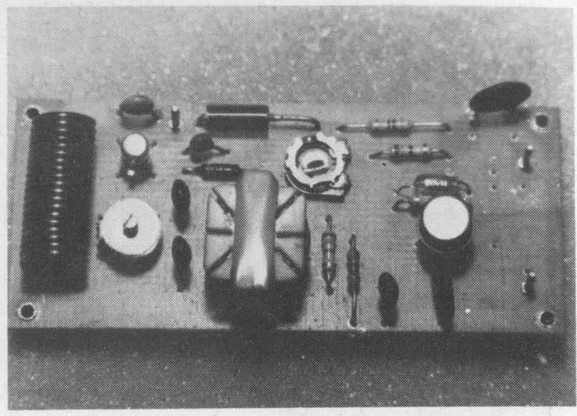


Photo V-B. — RX2.

2. Le schéma

La détection directe du RX1 a le mérite de la simplicité, mais manque de sensibilité. En effet, dès que les signaux sont trop faibles (en dessous de quelques dizaines de millivolts) la diode OA90 ne conduit plus et ne détecte plus rien ! Pour remédier à cet inconvénient, des détecteurs plus complexes ont été mis au point. La détectrice « en superréaction » est l'un d'eux.

Tous les détecteurs sensibles utilisent le même principe : un amplificateur non linéaire (pour faire apparaître le phénomène de détection) amène les signaux reçus à un niveau plus confortable et qui permet de les traiter facilement. L'amplification est augmentée par une réinjection de la sortie sur l'entrée. C'est le fameux « détecteur à réaction » des débuts de la radio (1920-1930). Mais attention, si la réinjection est trop forte, (un réglage est bien sûr prévu !), le détecteur se transforme en oscillateur (comme nos étages pilotes du chapitre précédent).

L'idéal consiste à ajuster la réaction pour se placer juste avant l'accrochage : alors l'amplification est maximale et le rendement étonnant. Les amateurs de l'époque héroïque étaient passés maîtres dans ce genre de sport !

La détectrice superréaction est une version astucieuse de ce montage. On a d'abord un amplificateur accordé sur la fréquence à recevoir. (Voir fig. V-4.)

Mais on instaure dans l'étage, par une réaction convenable, un régime d'auto-oscillation à fréquence inaudible (> 15 000 Hz) mais très inférieure à la fréquence reçue. L'étage passe alors, périodiquement, du régime amplificateur, au régime oscillateur, donc périodiquement aussi, par le point de sensibilité maximum du détecteur à réaction bien réglé. Le résultat est un montage très sensible mais peu sélectif, à cause

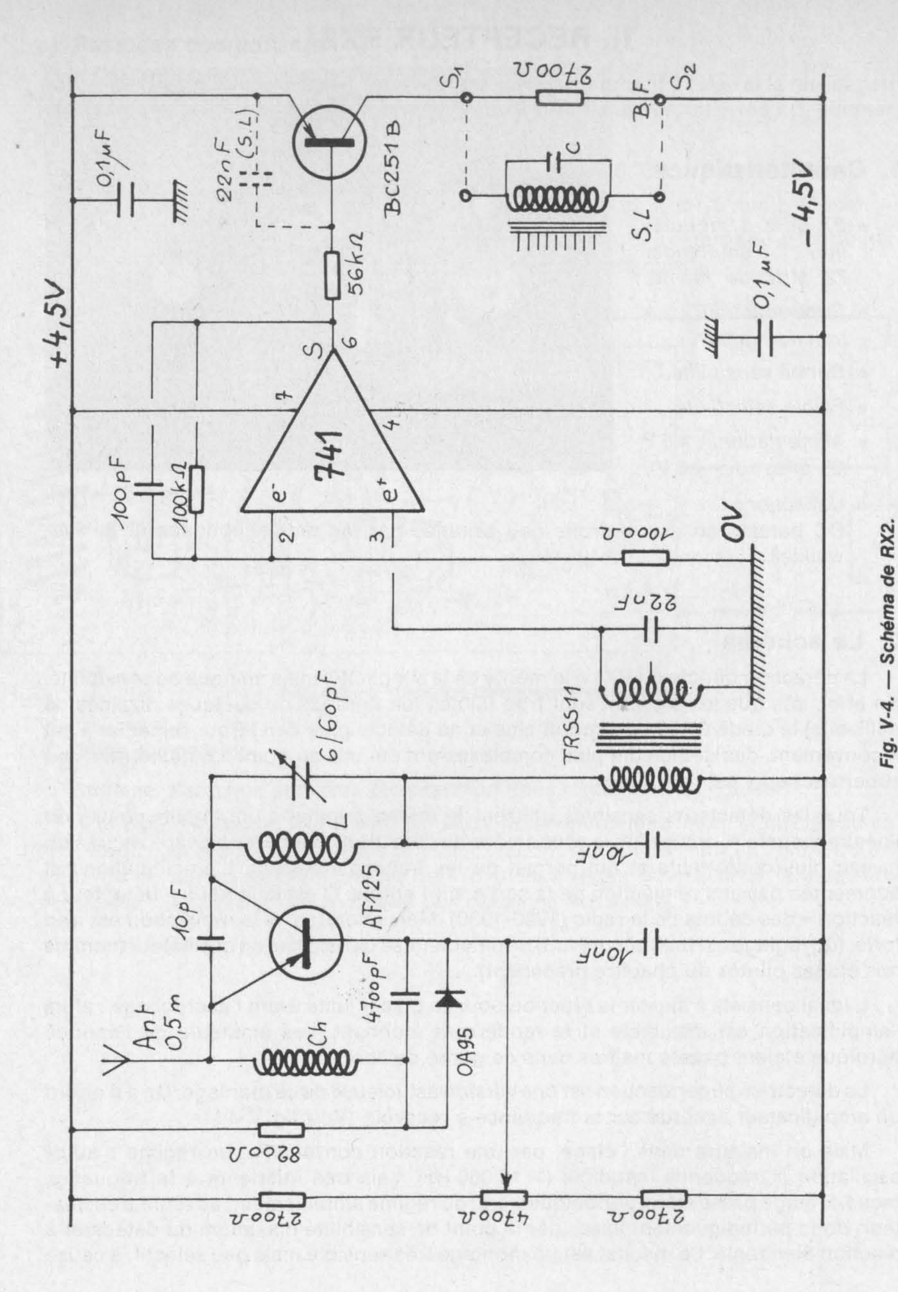


Fig. V-4. — Schéma de RX2.

de l'unique circuit accordé. Le régime particulier détermine un bruit de souffle très caractéristique. Ce souffle disparaît lors de la réception d'une porteuse puissante.

La superréaction a été le montage miracle de la RC pendant de très nombreuses années. Elle constitue encore la solution de choix pour les ensembles économiques et... les talkies-walkies type jouet.

Dans notre RX2, les tensions détectées apparaissent au niveau du transformateur TRSS11. Elles sont transmises à un 741 dont le gain est de 100. Noter les condensateurs de 22 nF et 100 pF destinés à supprimer les résidus HF de la détection.

Le montage est complété, comme dans le RX1, par un transistor augmentant les performances de la sortie.

Le RX2 peut ainsi être utilisé :

— Avec un sélecteur à lames vibrantes.

— Avec une simple 2 700 Ω aux bornes de laquelle on retrouve les tensions BF. L'adaptation à des filtres BF est facile. Par contre le signal digital n'apprécie pas le découpage ultra-sonique de l'étage détecteur : le RX2 ne convient pas pour cet usage.

— Avec un casque ou écouteur entre S1 et S2, on obtient un excellent récepteur de contrôle des bandes 27 et 72 MHz.

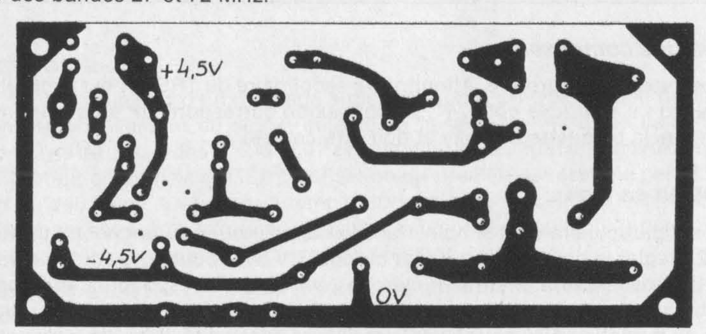
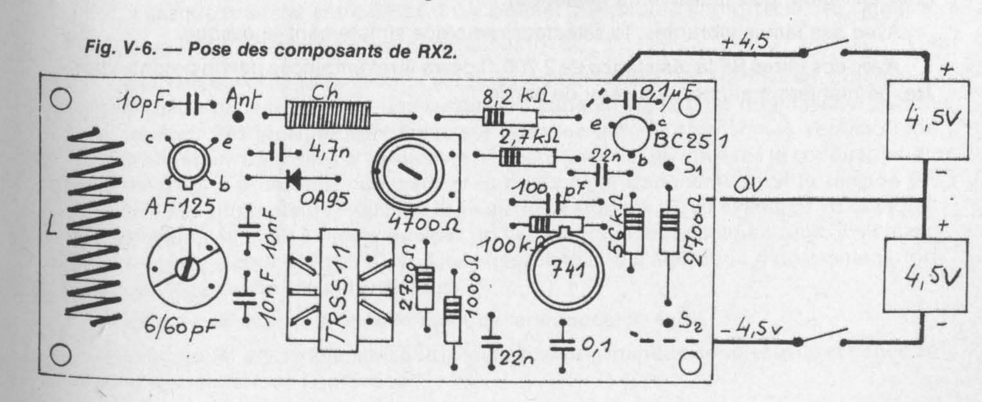


Fig. V-5. — CI de RX2.

Fig. V-6. — Pose des composants de RX2.



3. La réalisation

a) Le CI

En époxy simple face 15/10. (Voir fig. V-5.)

b) Liste des composants

1 AF125	1 1 000 Ω 1/4 W
1 BC251B	2 2 700 Ω 1/4 W
1 LM741CH (ou μA741 ou TBA221)	1 2 700 Ω 1/4 W (BF)
1 OA95	1 8 200 Ω 1/4 W
1 10 pF cér.	1 56 kΩ 1/4 W
1 6/60 pF EA60 RTC	1 100 kΩ 1/4 W
1 100 pF styroflex	1 Pot. Aj. type EO86 couché 4 700 Ω.
1 4 700 pF GFO	1 TRSS11 Audax
2 10 nF GFO	L : voir RX1 (27 ou 72 MHz)
1 22 nF GFO	Choc : voir HF2
1 22 nF GFO (Lames)	3 picots de 1 mm
2 0,1 μF GFO	4 cm de tube laiton de ∅ 3 mm.

c) Pose des composants

Se reporter à la figure V-6. Attention, le secondaire du TRSS11 est l'enroulement à point milieu : il se trouve côté 741. La connexion correspondant à ce point milieu ne traverse pas la plaquette d'époxy et doit être coupée.

d) Mise en service

Elle est particulièrement simple. Relier à l'alimentation. Brancher un casque entre S1 et S2. Régler le potentiomètre pour obtenir, CV à mi-course, le souffle caractéristique de la superréaction. Mettre en marche l'émetteur correspondant en transmettant une note, s'il s'agit d'un type tout ou rien. Chercher l'accord par le CV. Fignoler le réglage du potentiomètre pour avoir la meilleure sensibilité. Il faudra pour cela s'éloigner aussi loin que possible de l'émetteur.

Avec des lames vibrantes, le sélecteur remplace simplement le casque.

Avec des filtres BF la résistance de 2 700 Ω devra être remplacée par un potentiomètre, de manière à ajuster le niveau de sortie.

III. RÉCEPTEUR RX3

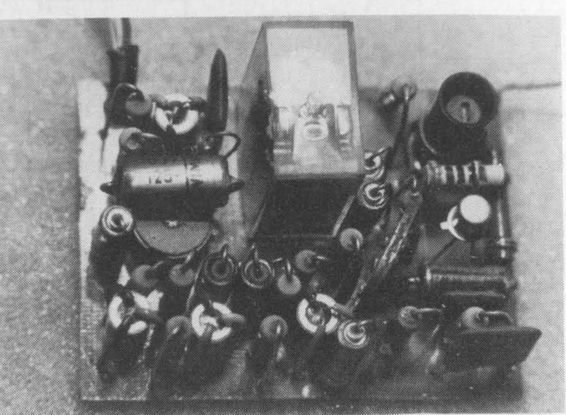


Photo V-C. — RX3.

1. Caractéristiques

- *27 MHz en modulation d'amplitude.*
- *Superréaction sans transformateur.*
- *Montage monocanal modulé, filtre BF LC, relais incorporé.*
- *Bonne sensibilité.*
- *Faible sélectivité.*
- *Alimentation : 9 V.*
- *Utilisation :* Toutes télécommandes type monocanal.

2. Le schéma

(Voir fig. V-7.) Il s'agit d'un montage superréaction d'un type un peu différent du précédent, le prélèvement du signal détecté se faisant au niveau de l'émetteur du transistor. Un filtre passe-bas (1 500 Ω, 47 nF) élimine les résidus HF et envoie la BF vers un amplificateur à 3 transistors. La polarisation du premier est assurée par la tension émetteur du deuxième. La tenue en température est ainsi excellente. Noter la liaison directe base-collecteur. Le troisième transistor est monté en collecteur commun. Son rôle est d'isoler le montage de la charge d'utilisation.

Les anciens de la RC reconnaîtront dans ce schéma, le montage de l'Allemand **Schumaker.** La technique est un peu ancienne, mais le récepteur fonctionne parfaitement.

Un casque branché entre BF et + 9 V permet une écoute confortable des signaux.

L'étage de sortie à relais est du type à filtre LC.

Le circuit accordé L_fC_f résonne sur une fréquence de 1 000 Hz environ. Lorsque le signal reçu a cette fréquence, une surtension apparaît sur la base du transistor AC132 qui conduit. Des tensions BF créées sur le collecteur sont transmises vers la diode OA95, elles sont détectées et rendent la base positive, ce qui renforce la conduction du transistor : il y a un effet cumulatif et le relais colle franchement. Si la tension BF d'entrée est différente de 1 000 Hz, le relais ne réagit pas. Gros avantage : tout signal parasite sera éliminé, à moins que par un hasard vraiment malencontreux, il ait aussi une fréquence de 1 000 Hz. C'est assez improbable. Il s'agit donc d'un montage fort bien protégé contre les perturbations.

Nous le conseillons à chaque fois que le monocanal suffit !

On se rappellera simplement que la superréaction manque de sélectivité et risque de capter des émissions imprévues.

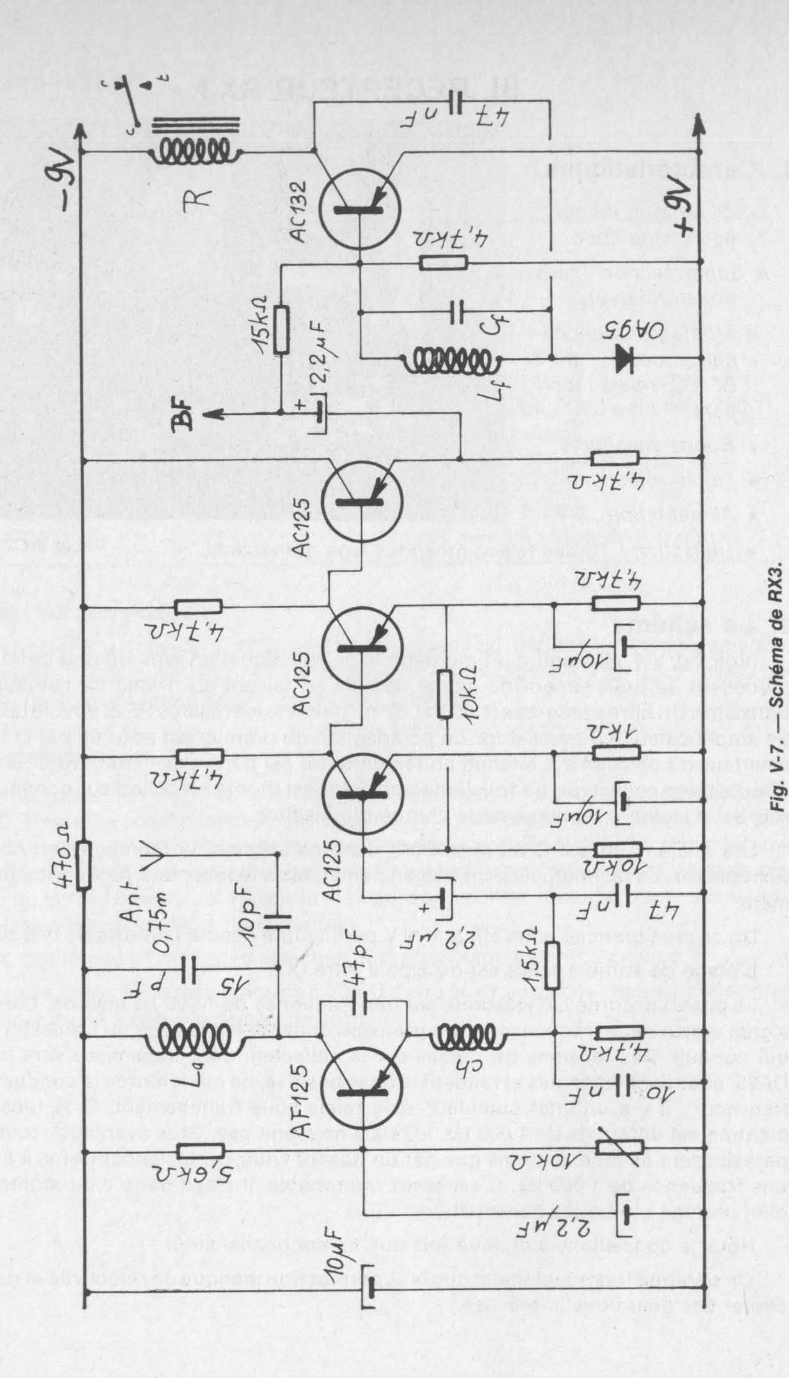


Fig. V-7. — Schéma de RX3.

3. La réalisation

a) Le CI

En époxy simple face 15/10. (Voir la fig. V-8.)

b) Liste des composants

1 AF125	3 2,2 µF chimiques	1 15 kΩ 1/4 W
3 AC125	3 10 µF chimiques	1 Pot Aj type EO86 debout 10 kΩ.
1 AC132	1 470 Ω 1/4 W	1 relais KAKO 300 Ω 1 RT
1 OA95	1 1 000 Ω 1/4 W	1 filtre BF 1 000 Hz environ (Reuter par ex.)
1 10 pF cér.	1 1 500 Ω 1/4 W	L_a : Sur mandrin de 8 mm avec noyau. 10 spires jointives de fil émail-soie 45/100.
1 15 pF cér.	6 4 700 Ω 1/4 W	
1 47 pF cér.	1 5 600 Ω 1/4 W	
1 10 nF GFO	2 10 kΩ 1/4 W	
2 47 nF GFO		

c) Pose des composants (Voir fig. V-9)

Une méthode assez logique consiste à suivre les étages : commencer par câbler la superréaction, puis passer à l'amplificateur à 3 transistors et terminer par l'étage à relais. Ce dernier est fixé par son boulon central. La grande majorité des résistances se fixent debout, ainsi que les condensateurs chimiques, pour lesquels on respectera bien

Fig. V-8. — CI de RX3.

Fig. V-9. — Pose des composants de RX3.

la polarité. Les transistors AC125 et AC132 se soudent à l'envers, la tête plaquée contre le CI. Isoler les fils rabattus contre le corps, par du petit souplisso plastique. Cette disposition permet une plus grande solidité et une hauteur minimale. Les fils restent par ailleurs assez longs, ce qui permet de souder sans trop se préoccuper de l'élévation de température. Dans le cas des petits filtres Reuter, la fixation se fait par un petit fil nu soudé au rivet central et au CI. Pour d'autres types, on utilise un boulon central. Le cordon de liaison comprend le + et le — d'alimentation, le fil BF et les trois fils des contacts du relais. Un bouchon connecteur sera soudé à l'extrémité. L'antenne est un fil souple de 75 cm.

d) Mise en service

Brancher un casque ou un écouteur entre BF et + 9 V. Mettre sous tension. On doit entendre puissamment le souffle de la superréaction. Sinon retoucher le réglage du petit potentiomètre pour obtenir ce résultat. Mettre en marche l'émetteur associé. Régler le noyau de L_a pour un maximum de signal et retoucher à grande distance, les deux réglages pour un maximum de sensibilité.

Envoyer la note correspondant au filtre BF utilisé et ajuster, *à l'émission,* sa fréquence : tourner le réglage vers la gauche : le relais décolle. Noter le point. Tourner vers la droite. Il recolle puis en continuant la rotation, décolle à nouveau. Noter le point. Amener le curseur du réglage, juste au milieu de l'intervalle de ces deux points.

IV. RÉCEPTEURS RX4 et RX5

1. Caractéristiques

- *RX4 : 27 MHz à modulation d'amplitude.*
- *RX5 : 72 MHz à modulation d'amplitude.*
- *Type superhétérodyne.*
- *Composants discrets.*
- *Grande sensibilité.*
- *Grande sélectivité.*
- *Alimentation 4,8 V.*
- *Utilisation :* Tous usages RC.

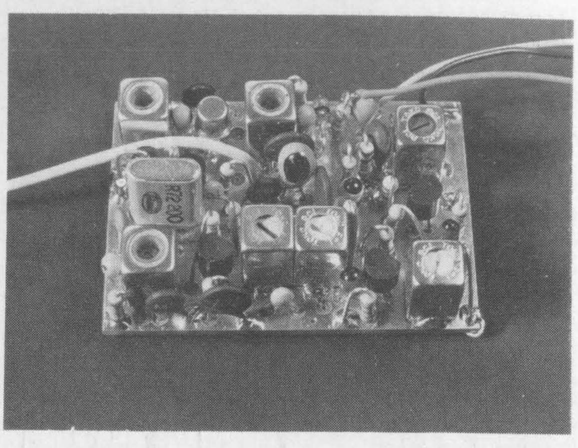


Photo V-D. — RX5.

2. Le schéma

Depuis quelques années, la RC s'est considérablement développée. Les terrains sont très fréquentés. D'autre part, les radiocommunications de tous genres ont pris une extension considérable. Tant et si bien que « l'éther » des ondes est passablement encombré. La simple superréaction ne suffit plus, car elle reçoit simultanément plusieurs émissions de fréquences voisines, sans réussir à les séparer : sa sélectivité est trop faible.

D'où cela provient-il ?

C'est très simple ! Elle ne possède qu'un seul circuit accordé. Dans ces conditions, réglée sur 27 MHz, elle reçoit presque aussi bien de 26 à 28 MHz (émissions puissantes). Un premier remède vient donc à l'esprit : faire plusieurs étages comportant autant de circuits accordés sur la fréquence à recevoir.

Ces récepteurs ont existé au début de la radio : c'étaient les récepteurs à « amplification directe ». Avec 3 étages (ce qui est un maximum au-delà duquel le récepteur devient un « tigre que l'on tient par la queue », à cause des accrochages susceptibles de se produire) on peut estimer à 1/50 de la fréquence centrale, la largeur de bande reçue.

Sur 27 MHz, cela donne $27 \times 1/50 = 0{,}54$ MHz, ce qui est encore énorme.

La solution astucieuse de ce difficile problème a été trouvée dès les années 1930 : c'est le récepteur à changement de fréquence.

La fréquence reçue F est mélangée à une fréquence fabriquée localement F_o. Le battement qui en résulte fait apparaître une composante ayant la différence des fréquences $F - F_o$ mais modulée exactement comme F.

Un exemple numérique montre facilement le bénéfice obtenu :
$F = 27$ MHz, $F_o = 26{,}5$ MHz donc $F - F_o = 0{,}5$ MHz.

Trois étages accordés sur $F - F_o$ suivent le changeur de fréquence. La bande reçue est de $1/50\ (F - F_o) = 1/50 \times 0{,}5$ MHz $=$ *10 kHz.*

Le résultat est donc parfait, puisque deux émissions distantes de seulement 20 kHz, seront séparées correctement. (L'écart de 20 kHz sur 27 MHz ne correspond qu'à 0,00075 % de la fréquence). (Voir fig. V-10.)

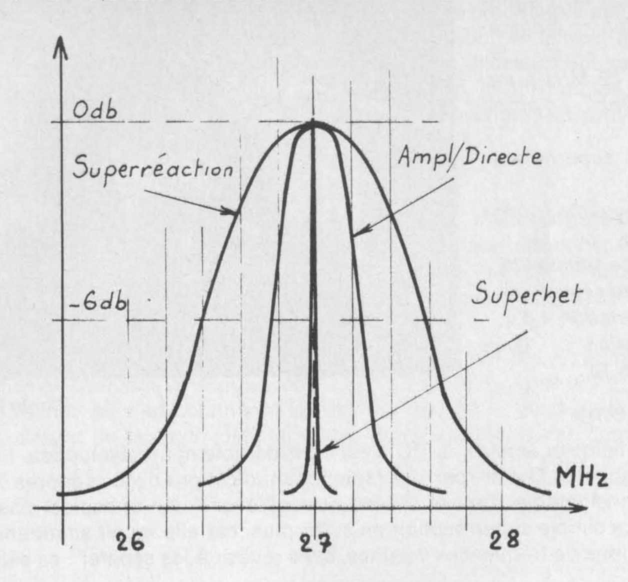


Fig. V-10. — Sélectivités comparées.

Bien entendu, il faudra que les deux fréquences F et F_0 soient d'une parfaite stabilité, pour respecter ces conditions : à l'émission pour F et à la réception pour F_0, le pilotage par quartz sera obligatoire.

La bande des 27 MHz (27,120 ± 0,6 %) ayant une largeur de 325 kHz permettrait de loger 325 : 20 = 16 canaux ou émissions simultanées, ce qui n'est pas mal du tout ! Les récepteurs qui suivent, utilisent tous cette technique du changement de fréquence : on les appelle des « superhétérodynes ».

Examinons maintenant le détail du schéma du premier d'entre eux :

Le RX4

C'est un récepteur 27 MHz. (Fig. V-11)

Le signal transmis par l'émetteur est capté par l'antenne. L_1 et L_2 constituent un filtre de bande accordé sur 27 MHz. Les signaux se retrouvent sur la base de T_1. Par ailleurs, le transistor T_2, associé au quartz Qz et à L_3, oscille sur une fréquence F_0, égale à la fréquence reçue F diminuée de 455 kHz. F et F_0 atteignent ensemble la base de T_1, produisent en se mélangeant des battements et on retrouve dans le circuit collecteur, la différence des deux fréquences : c'est ce que l'on appelle la fréquence intermédiaire. FI. FI = F — F_0 = F — (F — 455) = 455 kHz. Les transistors T_3 et T_4 amplifient cette fréquence.

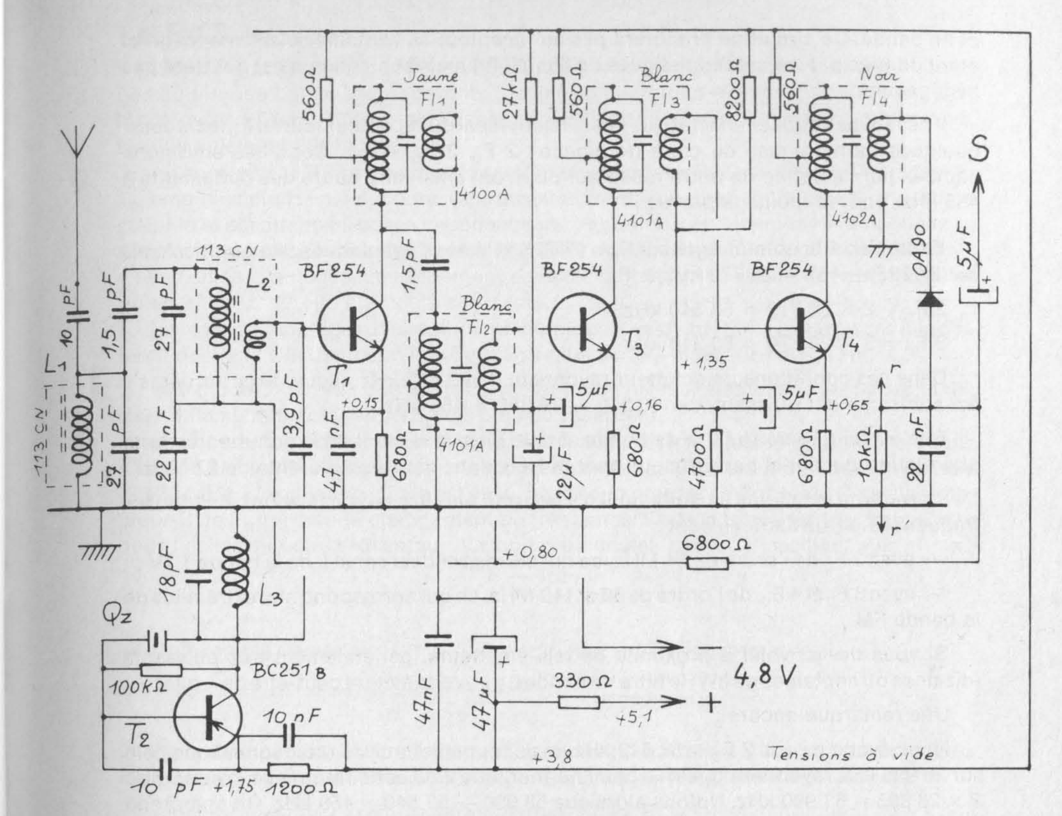


Fig. V-11. — Schéma de RX4.

Remarquer l'utilisation de 4 transfos FI. Les deux premiers sont couplés en tête, par un condensateur de très faible valeur. On obtient ainsi une très bonne sélectivité (de l'ordre de 5 kHz). Les résistances de 560 Ω, non découplées éliminent radicalement tout risque d'accrochage. Les tensions FI issues de FI4 sont détectées par la OA90 et fournissent des tensions *négatives*. La BF est recueillie aux bornes du circuit RC de détection, par un condensateur de liaison. D'autre part, les tensions négatives de détection, convenablement débarrassées de la modulation par le filtre 6800 Ω/22 µF viennent en opposition de la tension positive de polarisation de T_1 et T_2. La réception d'une porteuse tend ainsi à réduire le gain du montage : c'est la CAG classique. Agissant sur les deux premiers étages, elle évite tout risque de saturation à très faible distance.

Nous voudrions enfin revenir quelque peu sur le rôle du circuit d'antenne L_1 et L_2. Nous avons déjà signalé que ces deux bobinages constituaient un filtre de bande, c'est-à-dire un quadripole favorisant une certaine bande de fréquences, (ici autour de 27 MHz évidemment) tout en atténuant assez fortement les fréquences extérieures à

cette bande. Ce circuit ne procurera pas au récepteur sa véritable sélectivité (celle-ci étant donnée par les caractéristiques de l'ampli FI) mais son action n'est pourtant pas négligeable.

Il ne faut pas oublier en effet que l'oscillateur local du récepteur fournit F_0 mais aussi quelques harmoniques de cette fréquence : 2 F_0, 3 F_0, 4 F_0... Certaines émissions captées par l'antenne de notre récepteur pourront ainsi faire naître des battements à 455 kHz, pour le moins imprévus :

Exemple : Récepteur réglé sur F_e = 27 225 kHz donc ayant un oscillateur local calé sur 27 225 — 455 = 26 770 kHz = F_0.

2 F_0 = 2 × 26 770 = 53 540 kHz.

3 F_0 = 3 × 26 770 = 80 310 kHz.

Dans ces conditions un émetteur rayonnant du 79 855 kHz risque de perturber, s'il est suffisamment puissant, car 80 310 — 79 855 = 455 kHz.

Et c'est ici que notre filtre de bande sera le bienvenu car il produira une très forte atténuation du signal perturbateur dont la fréquence est très différente de 27 MHz.

La sécurité est moins illusoire qu'il n'y pourrait paraître de prime abord. En effet les fréquences perturbatrices sont :

— avec 2 F_0 de l'ordre de 54 MHz, ce qui correspond au canal 2 de la bande 1 TV ;

— avec 3 F_0 et 4 F_0, de l'ordre de 80 et 110 MHz, ce qui correspond aux extrémités de la bande FM.

Si vous deviez voler à proximité de tels émetteurs, généralement très puissants (dizaines ou centaines de kW) le filtre de bande L_1, L_2 vous évitera peut-être de « piler ».

Une remarque encore :

Nous avons vu que 2 F_0 = 53 540 kHz, mais tout émetteur de radiocommande calé sur 26 995 kHz rayonnera quelque peu l'harmonique 2 de cette fréquence, c'est-à-dire 2 × 26 995 = 53 990 kHz. Notons alors que 53 990 — 53 540 = 450 kHz. On comprend ainsi pourquoi certaines fréquences du bas de la bande 27 MHz perturbent certaines autres du haut de cette même bande. Il ne faut d'ailleurs pas dramatiser car, comme nous l'avons montré, cette perturbation se fait par les harmoniques 2 (que l'émetteur brouilleur rayonne normalement à très faible puissance et que le filtre de bande du récepteur atténue fortement). On ne serait donc gêné qu'à faible distance, le brouillage disparaissant complètement dès que le modèle est à quelques dizaines de mètres.

Pour terminer remarquons l'utilisation de transistors au silicium garantissant une tenue à la température sans défaut.

Les signaux en S sont de sens négatif, c'est-à-dire que :

— Porteuse au maximum, S est **bas.**

— Porteuse bloquée, S est **haut.**

En digital, les impulsions séparant les voies se présenteront donc vers le positif, puisqu'elles correspondent à des coupures de la porteuse.

Le RX5 (Fig. V-12).

La simple adaptation du RX4 en 72 MHz, par changement du quartz et des bobinages du filtre de bande, est décevante : la sensibilité qui en résulte est nettement plus faible qu'en 27 MHz. Si la pratique est courante dans les réalisations commerciales, c'est simplement par facilité.

Au contraire, le RX5 a été soigneusement étudié pour pallier ce défaut. Un transistor T_0, amplificateur HF a été ajouté. Ce transistor, monté en base commune, a une bonne stabilité et est attaqué à basse impédance par l'antenne. Les tensions HF amplifiées se retrouvent sur le collecteur, à l'entrée d'un filtre de bande similaire à celui du RX4 et qui a les mêmes avantages. Le rendement est excellent et la sensibilité devient meilleure qu'en 27 MHz, où elle était déjà suffisante.

Le reste du montage est absolument identique à celui du RX4. Remarquons simplement que si la CAG agit sur T_3, elle n'agit plus sur T_1, mais sur l'étage HF, T_0.

Une diode OA90, aux bornes de L_1, ramène à un niveau raisonnable les tensions HF, quand l'émetteur est vraiment trop près du récepteur.

Une remarque enfin, sur un élément qui n'apparaît pas dans le schéma : le quartz n'oscille pas sur F — 455, mais sur la moitié de cette valeur, c'est-à-dire dans la gamme des 36 MHz. L'oscillation locale est ainsi, beaucoup plus facile à obtenir. C'est l'harmonique 2 de F_0 qui crée le changement de fréquence. Cette donnée est très importante pour l'achat du quartz récepteur. Il s'agit d'un cristal, partiel 3, oscillant sur

$$\frac{F - 455}{2} \text{ kHz}$$

Un exemple : émetteur sur 72 300 kHz. Il faut un Qz récepteur de

$$\frac{72\,300 - 455}{2} = 35\,922{,}5 \text{ kHz}$$

Ce qui est gênant, c'est que certains revendeurs fournissent les quartz récepteurs marqués, non pas à leur fréquence propre, mais à celle de l'émetteur associé.

Ainsi le quartz de l'exemple serait marqué 72300 R, la lettre R indiquant qu'il s'agit du quartz récepteur. Seulement... certains sont des partiels 5 et fournissent directement du 71,5 MHz : ils ne conviennent pas pour le RX5. D'autres sont effectivement des partiels 3 et conviennent. Pour compliquer tout cela, des revendeurs incompétents sont incapables de vous dire ce qu'il en est, ou pire... vous disent n'importe quoi !! Méfiez-vous donc, car ces « cailloux » coûtent cher.

Il est parfois plus simple de commander le quartz directement au fabricant (MATEL par exemple, fabrique à l'unité). Ce n'est ni plus long, ni plus cher, et au moins on est sûr d'avoir ce que l'on a demandé... à condition de ne pas se tromper soi-même dans la commande.

3. Réalisations

a) Le CI

En époxy double face 15/10. (Voir fig. V-13.)

Depuis quelque temps, nous avons adopté systématiquement sur tous nos récepteurs, une technique de réalisation professionnelle, absolument inconnue en RC,

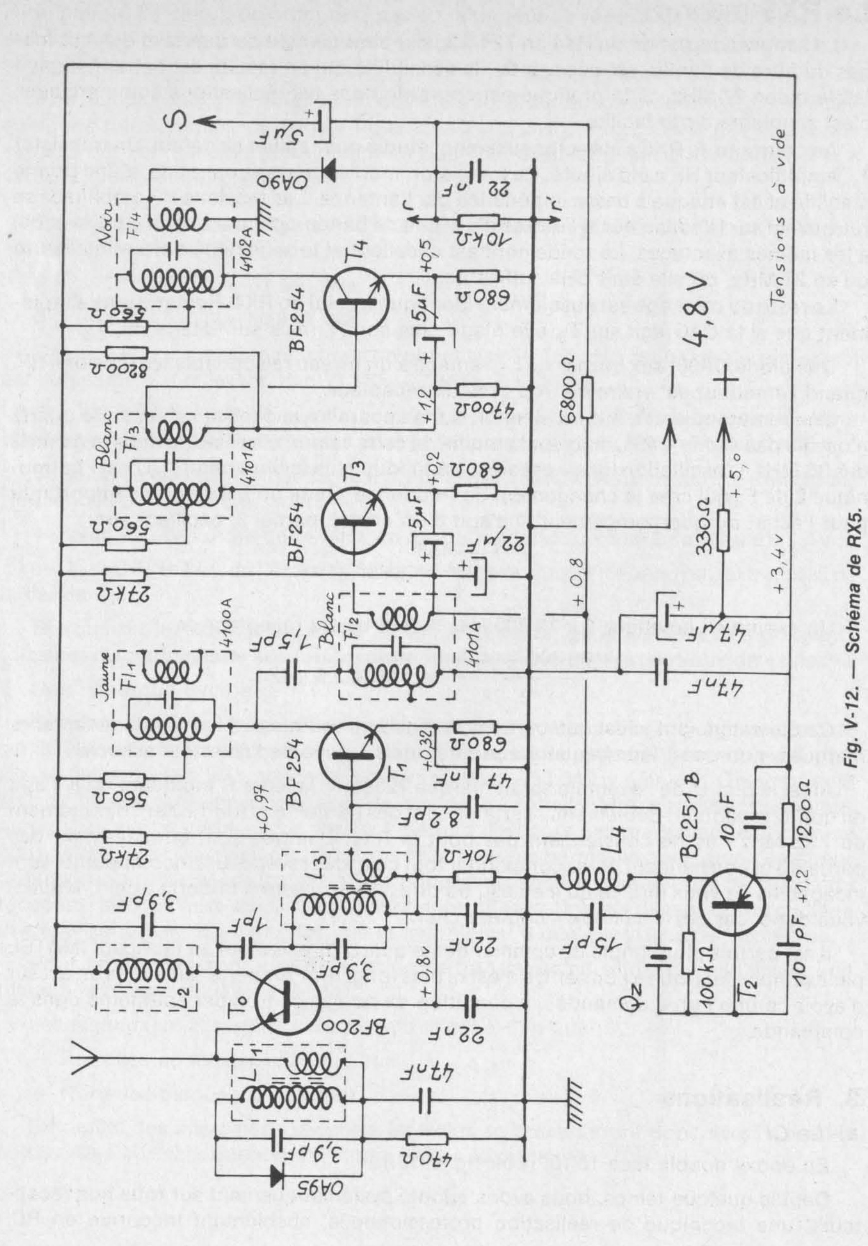


Fig. V-12. — Schéma de RX5.

Fig. V-13. — CI de RX4/RX5. Verso.

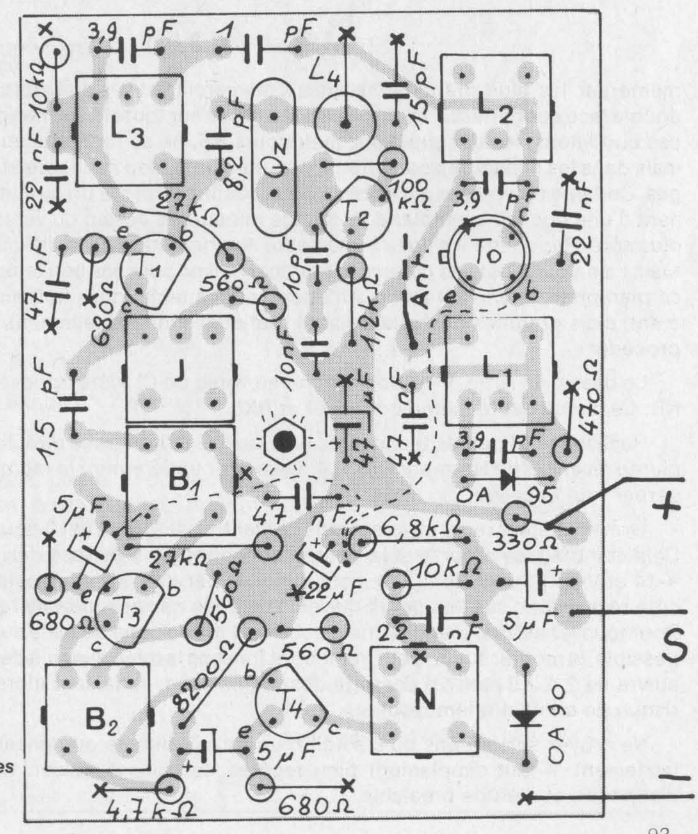


Fig. V-14. — Pose des composants de RX5.

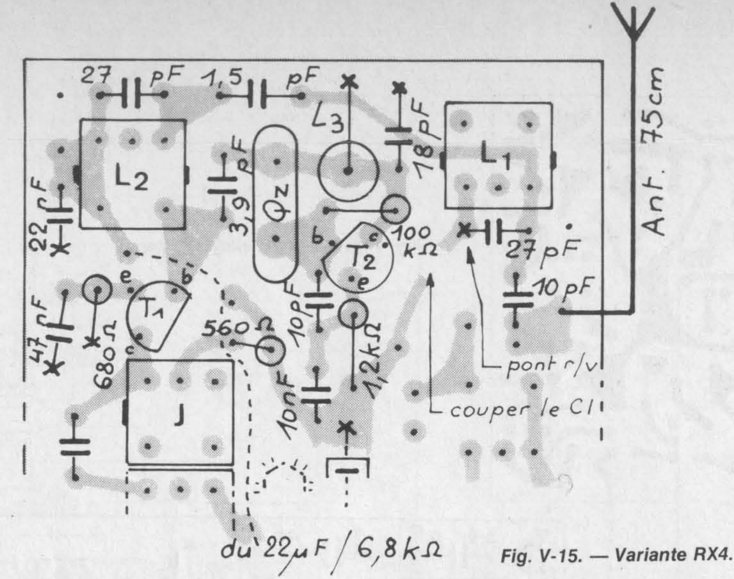


Fig. V-15. — Variante RX4.

même par les plus grandes marques commerciales. Il s'agit du circuit imprimé en double face permettant d'avoir un *plan de masse* sur toute la surface du récepteur. Dans ces conditions, les découplages, les retours HF, ne se font plus au « petit bonheur » mais dans les meilleures conditions. Résultat : une bien meilleure stabilité des montages. Certains récepteurs qui accrochaient obstinément sur un circuit classique deviennent d'une docilité exemplaire. Avantage mineur : le dessin du verso du CI est un peu plus aéré. Par contre il s'ensuit une petite augmentation de la difficulté de fabrication. Mais l'amateur n'est pas comme le marchand, il ne paie pas son temps, aussi faut-il sur ce plan prendre une revanche, en adoptant des techniques coûteuses commercialement, mais gratuites quand elles sont pratiquées individuellement. Voyons comment procéder :

Le dessin de la fig. V-13 correspond au verso du CI (côté opposé aux composants) NB. Le circuit est le même pour RX4 et RX5.

Réaliser ce CI par les techniques habituelles. Si l'on trace directement, utiliser une plume réservoir de Normograph n° 4. *Recouvrir entièrement le recto du CI*, car il faut y garder tout le cuivre.

Graver, étamer recto et verso, puis percer tous les trous (8/10 pour les composants). Cela étant fait, se reporter à la figure correspondant à la pose des composants. (Fig. V-14 et V-15.) Sur cette figure, sont indiqués par une croix (x) les points de soudure, côté recto, donc sur le plan de masse. Les trous correspondants resteront tels quels. Pour tous les autres, prendre une mèche de 3 mm, à cône de taille aussi peu pointu que possible, la monter sur un petit manche et fraiser à la main, jusqu'à dégager un cercle de cuivre de 2 à 2,5 mm. Le passage des connexions, se faisant alors, sans le moindre risque de contact intempestif.

Ne croyez surtout pas qu'il s'agit d'un travail difficile ou délicat : cela se fait très facilement. Il faut simplement bien repérer les trous à fraiser. C'est une question d'attention et d'étude préalable.

Attention, pour les transfos HF blindés et pour les transfos FI, seules les pattes marquées d'une croix sont à garder et à souder à la fois au recto et au verso. Toutes les autres sont à couper : elles ne traversent pas le CI et sont à souder uniquement au recto.

b) Liste des composants

RX4

3 BF254
1 BC251B
1 OA90
2 1,5 pF cér
1 3,9 pF cér
1 10 pF cér
1 18 pF cér
2 27 pF cér
1 10 nF GFO
2 22 nF GFO
2 47 nF GFO
3 5 µF perles tantales
1 22 µF perles tantales
1 47 µF perle tantale
1 330 Ω 1/4 W
3 560 Ω 1/4 W
3 680 Ω 1/4 W
1 1 200 Ω 1/4 W
1 4 700 Ω 1/4 W
1 6 800 Ω 1/4 W
1 8 200 Ω 1/4 W
1 10 kΩ 1/4 W
1 27 kΩ 1/4 W
1 100 kΩ 1/4 W
L_1 et L_2 : transfo HF blindé 7 × 7 mm type 113CN/2K159
L_3 : voir choc HF2
Quartz : type 27 MHz, partiel 3, boîtier HC25/U. Fréquence égale à celle de l'émetteur diminuée de 455 kHz.
1 support de quartz ou 2 douilles-cages
4 transfos FI, 455 kHz 7 × 7 mm, TOKO, 1 jaune (4100A), 2 blancs (4101A) et 1 noir (4102A)
1 boulon de 2 mm, tête fraisée et 1 écrou.

RX5

1 BF200
3 BF254
1 BC251B
1 OA90
1 OA95
1 1 pF cér
1 1,5 pF cér
3 3,9 pF cér
1 8,2 pF cér
1 10 pF cér
1 15 pF cér
1 10 nF GFO
3 22 nF GFO
2 47 nF GFO
3 5 µF perles tantales
1 22 µF perle tantale
1 47 µF perle tantale
1 330 Ω 1/4 W
1 470 Ω 1/4 W
3 560 Ω 1/4 W
3 680 Ω 1/4 W
1 1 200 Ω 1/4 W
1 4 700 Ω 1/4 W
1 6 800 Ω 1/4 W
1 8 200 Ω 1/4 W
2 10 kΩ 1/4 W
2 27 kΩ 1/4 W
1 100 kΩ 1/4 W
L_1, L_2 et L_3 (consulter l'auteur)
L_4 : voir choc HF2
Quartz : type 36 MHz, partiel 3, HC25/U
Fréquence :

$$\frac{F\ \text{du Tx} - 455}{2}$$

1 support : voir RX4
4 transfos FI : voir RX4
1 boulon et 1 écrou : voir RX4

c) *Pose des composants* (Voir fig. V-14 et V-15)

Il faut utiliser un fer à souder de 25 à 30 W, de petites dimensions et à panne très fine. Un certain ordre est à respecter dans le câblage du CI.

- Souder l'écrou de fixation central en le maintenant par le boulon serré.

- **Transfos HF :** Couper **toutes** les pattes de fixation. Etamer très légèrement les bas de boîtiers, juste à l'endroit de la coupure. Placer les transfos et souder rapidement les blindages à la masse, côté recto.

- Placer le **BF200** dont les connexions n'ont plus besoin d'être croisées, comme dans l'ancienne version à bobinages classiques. Souder la connexion de masse au recto.

- **Transfos FI :** Couper les pattes, sauf celles de B_1 et N, marquées d'une croix. Etamer les bas de boîtiers comme ci-dessus. Poser et souder au recto pour les pattes coupées et recto ET verso pour les deux non coupées. Notons que pour l'étamage préalable, il est possible de sortir les bobinages, ce qui se fait sans difficulté et évite de les endommager. Dès que les FI sont fixées, vérifier la continuité de leurs enroulements avec l'ohmmètre, y compris les sorties non utilisées.

- Souder maintenant tous les composants ayant une connexion à la masse.

- Terminer par les autres composants. Le fil de la 27 kΩ (base de T_3) longeant FI2 doit être isolé par un petit souplisso.

Lorsque tous les composants sont soudés, après une minutieuse vérification, limer délicatement et sans excès, les soudures du verso : il s'agit surtout de supprimer les pointes dangereuses, qui pourraient traverser le carton d'isolement. Brosser pour éliminer la limaille puis nettoyer à l'acétone ou à la benzine ou au white-spirit, avec une petite brosse choisie assez dure et ne se diluant pas dans le produit de nettoyage. Un bon examen à la loupe n'est pas inutile et permettra peut-être de repérer le grain de métal qui provoque un court-circuit ou la mauvaise soudure.

- Souder pour terminer le ou les fils de CAG (ils apparaissent en pointillé sur la fig.). Essayer de contourner les plots de soudure pour ne pas créer de surépaisseur. Souder également le fil d'antenne et les trois fils du câble de liaison.

d) *Mise en service*

Souder deux petits fils souples de 3 à 4 cm aux points r et r'. Souder aux extrémités la cellule de découplage de la figure V-16. Connecter l'oscilloscope en sortie. Allumer l'émetteur correspondant. Mettre le récepteur sous tension : le signal doit apparaître immédiatement si tout va bien. Eloigner l'émetteur de quelques mètres et régler rapidement les différents noyaux FI puis HF pour avoir le maximum de niveau sur l'oscillo.

En cas d'échec :

- Vérifier en premier l'oscillation du quartz en utilisant un récepteur à superréaction, placé à proximité et réglé sur la fréquence (soit 27 MHz env., soit 36 MHz env.). Si l'oscillateur local fonctionne normalement, le souffle doit être franchement coupé. Un manque d'oscillation peut provenir d'un quartz défectueux, de T_2, de l'un des composants ou de L_4 défectueuse ou non conforme. Vérifier les tensions de T_2.

- Si le quartz oscille, le défaut provient sûrement de la FI : vérifier les tensions. Un écart de plus de 20 % est suspect. Vérifier à nouveau la continuité de **tous** les enroulements FI (récepteur non alimenté). Vérifier la diode.

Un défaut ne peut pas résister à ces investigations.

Le fonctionnement ayant été obtenu, installer le CI dans le boîtier prévu. Ce boîtier peut être le modèle simple de la figure V-17 ou un modèle double contenant également le décodeur. Se reporter dans ce cas aux chapitres suivants, donnant les indications correspondantes. Dans les deux cas, un carton d'isolement est à prévoir. Ce carton a la surface du CI et est muni de quatre rabats de 15 mm, évitant tous contacts des composants périphériques, avec les parois du boîtier. Utiliser du presspahn mince ou du bristol ou de la carte de Lyon.

Le CI est fixé par un boulon de 2 mm à tête fraisée de manière à éviter un dépassement toujours fâcheux en cas de crash.

Passer le fil d'antenne et les fils de sortie par les trous prévus.

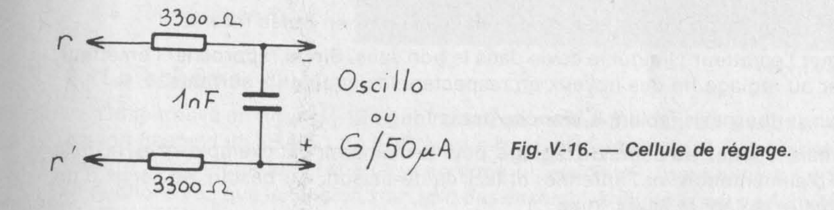


Fig. V-16. — Cellule de réglage.

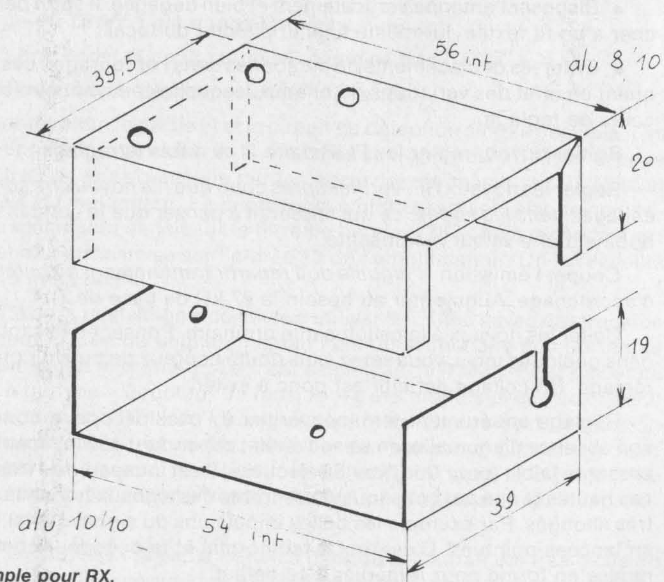


Fig. V-17. — Boîtier simple pour RX.

Toutes les bobines étant blindées, tous les réglages pourront se faire couvercle enlevé dans le cas du boîtier simple ou partie décodeur enlevée dans le cas du boîtier double.

Sortir également les points r et r', par deux conducteurs souples de 3 à 4 cm, y connecter la cellule de la figure V-16.

Réglage fin :

Les émetteurs digitaux ou similaires seront en fonctionnement normal.

Les émetteurs Tout ou Rien « musicaux » seront en HF pure : relier pour cela, l'entrée m de la platine HF, au + 12 V par une résistance de 15 kΩ (liaison au codeur supprimée).

L'émetteur sera placé aussi loin que possible. Au minimum à 50 m. En 27 MHz, l'antenne réduite à un brin (20 cm). En 72 MHz, l'antenne supprimée et remplacée par une 12 V, 0,1 A.

Relier un galvanomètre 50 μA, en sortie de la cellule de découplage (— vers r).

Mettre sous tension, émetteur arrêté : l'aiguille part en butée inverse.

Allumer l'émetteur : l'aiguille dévie dans le bon sens. Sinon rapprocher l'émetteur. Procéder au réglage fin des noyaux en respectant les impératifs suivants :

- Utiliser un tournevis isolant à manche assez long.
- Ne jamais toucher, au cours du réglage, pour le maintenir par exemple, ni le Rx, ni la batterie d'alimentation, ni l'antenne, ni les fils de liaison. Au besoin, se servir d'un intermédiaire isolant et assez long.
- Disposer l'antenne verticalement et bien dégagée. Il suffit par exemple de l'accrocher à un fil textile, lui-même fixé au plafond du local.
- Eviter les déplacements de personnes dans l'entourage : ces mouvements provoquent en effet des variations du champ, lesquelles peuvent être interprétées à tort, en cours de réglage.

Boîtier ouvert, régler les FI. Refaire 2 ou 3 fois le réglage.

Régler les noyaux HF. *Vérifier après coup que les noyaux ne sont pas complètement engagés dans les spires,* ce qui laisserait à penser que le condensateur d'accord de la bobine a une valeur insuffisante.

Couper l'émission : *l'aiguille doit repartir franchement en butée* inverse s'il n'y a pas d'accrochage. Augmenter au besoin la 27 kΩ de base de T_3.

Coller les noyaux à la cellulosique ordinaire. Penser en faisant cette opération, que dans quelques mois, vous serez sans doute heureux de pouvoir procéder à un nouveau réglage. Un collage définitif est donc à éviter.

Réglage entièrement terminé, vérifier à l'oscilloscope la bonne qualité du signal, son absence d'anomalie, en se souvenant cependant que le récepteur ayant une bande passante faible (pour une bonne sélectivité) il est incapable de transmettre les fréquences hautes et que par conséquent, les fronts des signaux transmis par l'émetteur seront très allongés. Par exemple les belles impulsions du signal digital, seront transformées en lancées pointues. C'est tout à fait normal et le décodeur comportera un étage de remise en forme pour remédier à ce défaut.

V. RÉCEPTEUR RX6

1. Caractéristiques

- *27 MHz à modulation d'amplitude.*
- *Entièrement intégré (sauf détection).*
- *Très sensible.*
- *Très sélectif.*
- *Très grande résistance à la saturation.*
- *Alimentation : de 4,5 V à 9 V.*
- *Tous usages RC.*

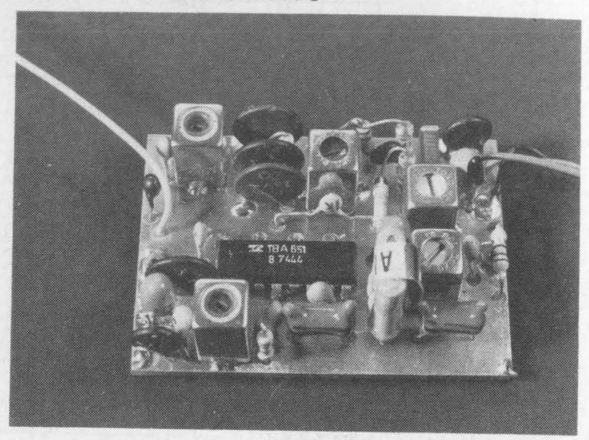


Photo V-E. — RX6.

2. Le schéma

On le trouve en figure V-18 et on remarque immédiatement sa grande simplicité. Il est fait usage d'un TBA651 de SGS/Ates, circuit particulièrement intéressant puisqu'il intègre l'ensemble du récepteur, y compris un étage HF, fonctionne à partir de 4 V (n'oublions pas que la tension standard des ensembles digitaux est de 4,8 V) et, ce qui ne gâte rien... est bon marché !

Le schéma interne du TBA651 est donné en figure V-19.

La figure V-20 donne le détail de la partie HF soumise à la CAG.

La figure V-21 est le schéma du changeur de fréquence.

La figure V-22 montre enfin la partie FI et le circuit de détection simple possible. Les signaux d'antenne sont donc transmis à T_1 via le circuit accordé 27 MHz, à prise intermédiaire inductive. Ils sont recueillis par L_2, accordée de même sur 27 MHz et transmis sur l'entrée 4 du mélangeur. Le pilote local à quartz requiert peu de composants. La sortie 5 du mélangeur se fait sur le filtre de bande FI1/FI2 déjà rencontré sur RX4 et RX5. La FI est alors transmise sur l'entrée 13 de l'amplificateur. On la recueille sur la sortie 10 aux bornes de FI3.

La grosse difficulté de la réalisation a consisté à utiliser le TBA651 avec des transfos FI **normaux.** Ainsi, pour FI3, en particulier, il aurait fallu un secondaire comportant le même nombre de spires que le primaire. Ce n'est pas le cas du 4102A. Pour pallier ce défaut, une détection du type « doubleur de tension » a été montée avec deux OA90. Ainsi d'une part, les tensions BF sont plus grandes, mais d'autre part, la tension continue disponible pour la CAG est double, donc l'action beaucoup plus énergique : cette action est de 120 dB environ, 50 dB pour la HF et 70 dB pour le changeur de fréquence. C'est énorme, aussi aucune trace de saturation n'apparaît, même à proximité immédiate de l'émetteur.

Nous l'avons dit, la FI utilise les petits transfos habituels. Il aurait été très facile de remplacer FI1 et FI2 par un filtre céramique SFD455 de Murata. Mais la chose aurait eu

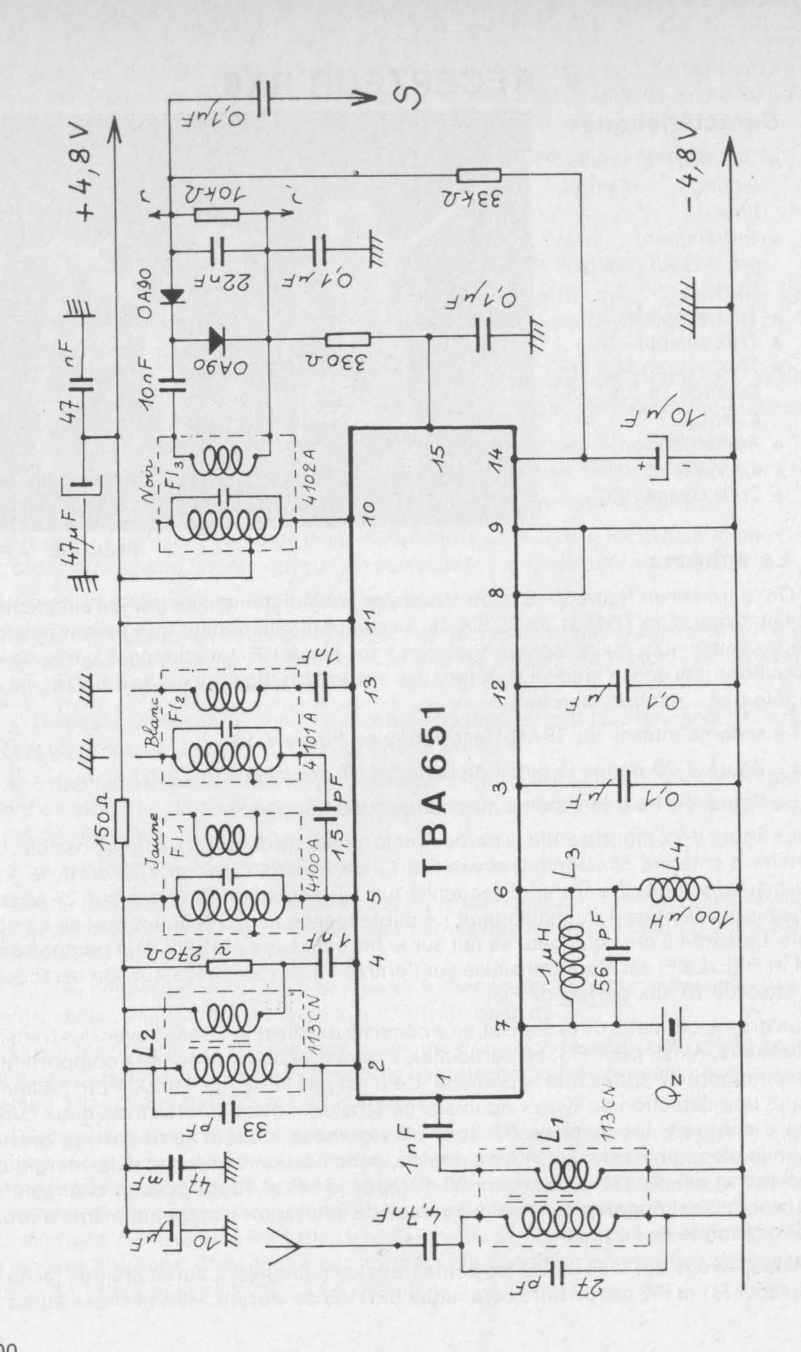


Fig. V-18. — Schéma de RX6.

Fig. V-19. — Schéma interne du TBA651.

Fig. V-20. — Schéma de la HF.

Fig. V-21. — Schéma du changeur de fréquence.

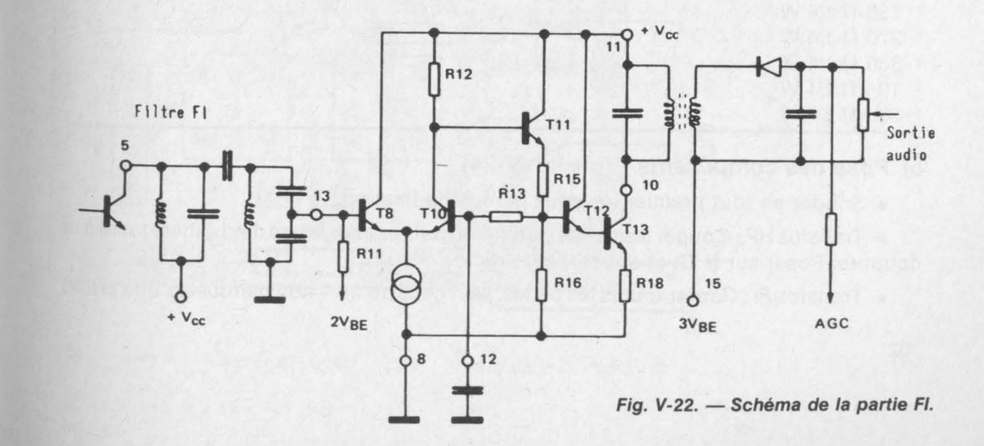


Fig. V-22. — Schéma de la partie FI.

l'inconvénient d'exiger des quartz émission et réception parfaitement appariés entre eux ET avec le filtre céramique. Cette condition complique beaucoup l'approvisionnement et augmente nettement... le prix de revient. Nous l'avons donc rejetée, d'autant que la sélectivité obtenue est très correcte. Les signaux de sortie, sont de la même polarité que ceux des RX4 et RX5 : aucun problème de compatibilité.

3. La réalisation

a) Le CI

En époxy double face 15/10. (Voir fig. V-23.)

Le double face est absolument obligatoire avec ce montage à grand gain.

Les dimensions sont celles du RX4/RX5 : 38 × 53 mm. Ce sont celles de notre « standard » actuel. Elles permettent des montages très clairs, aérés, facilement réalisables. L'encombrement final n'est pas le minimum possible mais il est raisonnable. En l'occurrence, « le mieux est l'ennemi du bien ».

On se reportera à la description des RX4/RX5 pour les détails pratiques de réalisation du CI : dessin du verso, gravure, étamage, perçage à 8/10, puis fraisage des trous ne correspondant pas à des points de masse recto.

b) Liste des composants

1 TBA651 de SGS
2 OA90
1 1,5 pF cér
1 27 pF cér
1 33 pF cér
1 56 pF cér
3 1 nF cér
1 4,7 nF GFO
1 10 nF GFO
1 22 nF GFO
2 47 nF GFO
4 0,1 µF GFO
1 0,1 µF MKM pas de 7,5 mm
2 10 µF perles tantales
1 47 µF perle tantale
1 150 Ω 1/4 W
1 270 Ω 1/4 W
1 330 Ω 1/4 W
1 10 kΩ 1/4 W
1 33 kΩ 1/4 W

1 quartz gamme 27 MHz, partiel 3, HC25/U. Fréquence égale à celle de l'émetteur diminuée de 455 kHz.
1 support ou mieux 2 douilles-cages
3 transfos FI, 455 kHz, 7 × 7 mm, TOKO
1 Jaune (4100A)
1 Blanc (4101A)
1 Noir (4102A)
L_1 et L_2 : 113CN/2K159
L_3 surmoulée de 1 µH, par exemple, type KGRD 5 × 10 / R75 de DRALOWID (COREL)
L_4 surmoulée de 100 µH. Même type.
2 boulons à têtes fraisées de 1,5 mm avec 2 écrous.

c) Pose des composants (Voir fig. V-24)

- Souder en tout premier les deux écrous de fixation.
- Transfos HF : Couper les pattes de fixation puis étamer le bas des boîtiers juste à la coupure. Poser sur le CI et souder, côté recto.
- Transfos FI : Garder toutes les pattes, sauf celle de « J » non marquée d'une croix.

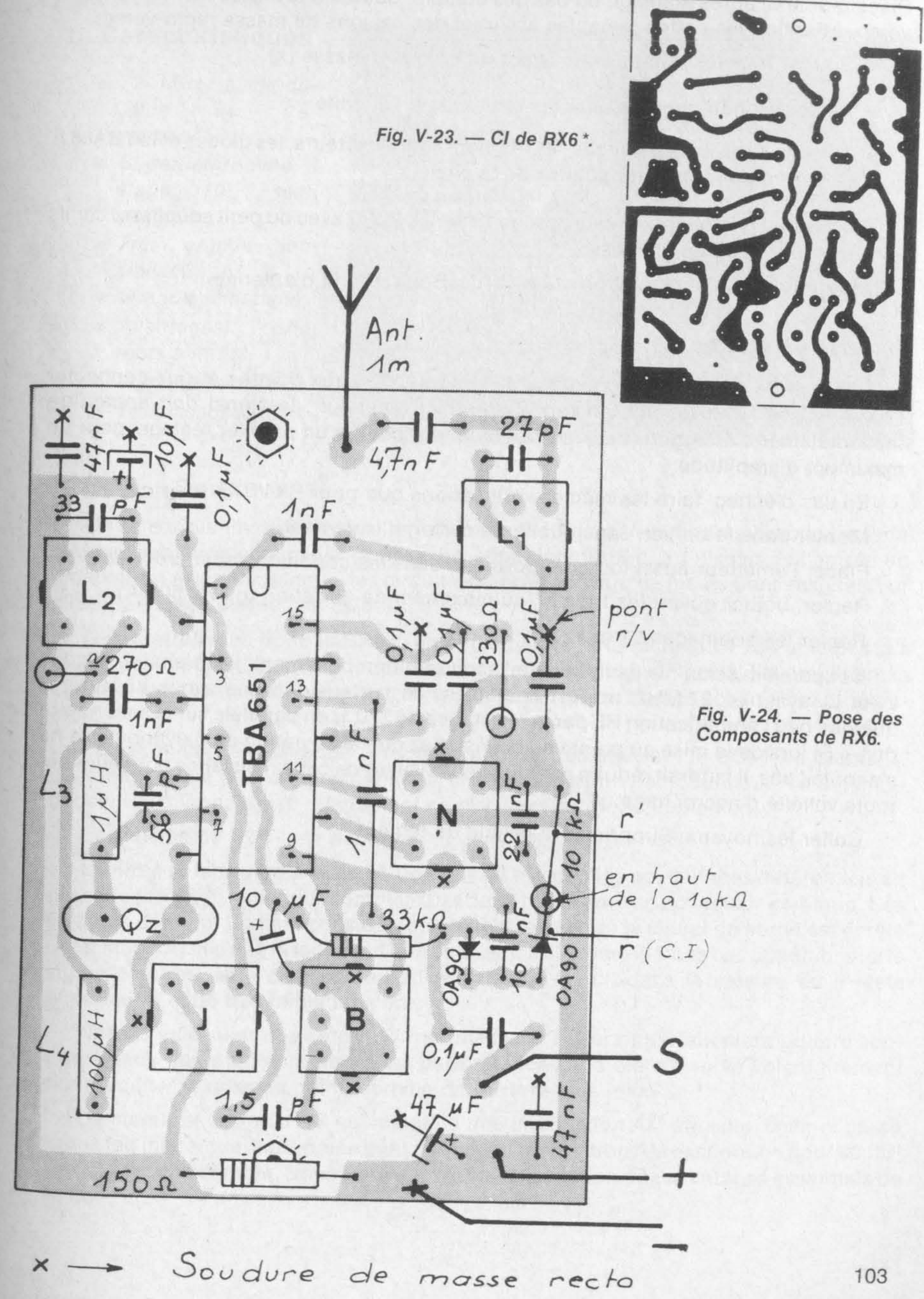


Fig. V-23. — CI de RX6 *.

Fig. V-24. — Pose des Composants de RX6.

Placer sur le CI après étamage du bas des boîtiers. Souder à la masse au recto puis au verso. Attention les pattes restantes assurent des liaisons de masse recto-verso.

- Souder tous les composants ayant un pôle à la masse (x).

- Placer les bobinages. Coller les mandrins à l'araldite.

- Terminer par les résistances, les derniers condensateurs, les diodes et le TBA651, qu'il ne faudra pas trop faire souffrir de la chaleur !

Les fils du 1 nF reliant FI2 et la broche 13 sont à isoler avec du petit souplisso, car ils sont très près du plan de masse.

Souder les fils d'alimentation et de sortie. Souder le fil d'antenne.

d) Mise en service

Brancher la cellule de découplage de la figure V-16 aux points r et r'. Y connecter l'oscilloscope. Mettre sous tension et allumer l'émetteur : le signal doit apparaître immédiatement. Eloigner quelque peu l'émetteur et faire un premier réglage, pour un maximum d'amplitude.

En cas d'échec, faire les mêmes vérifications que pour RX4/RX5.

Monter dans le boîtier, sans oublier le carton d'isolement.

Placer l'émetteur aussi loin que possible, dans les conditions déjà précisées.

Régler, boîtier ouvert les trois FI, au maximum de déviation (galva. 50 μA).

Régler les bobinages L1 et L2.

Couper l'émission : la déviation doit *s'annuler* complètement. Les transfos blindés L_1 et L_2 ayant en 27 MHz, un fort coefficient de surtension nous avons dû amortir quelque peu l'amplification HF par la résistance de 270 Ω en parallèle sur le secondaire de L_2. Si lors de la mise au point vous constatiez que la déviation du galvanomètre ne s'annulait pas, il faudrait réduire quelque peu la valeur de cette résistance pour éliminer toute velléité d'accrochage.

Coller les noyaux. Supprimer la cellule de réglage.

VI. RÉCEPTEUR RX7

1. Caractéristiques

- *72 MHz à modulation de fréquence.*
- *Superhétérodyne à étage HF, semi intégré.*
- *Très grande sensibilité.*
- *Grande sélectivité.*
- *Avantages inhérents à la FM.*
- *Alimentation 4,8 V.*
- *Tous usages RC.*

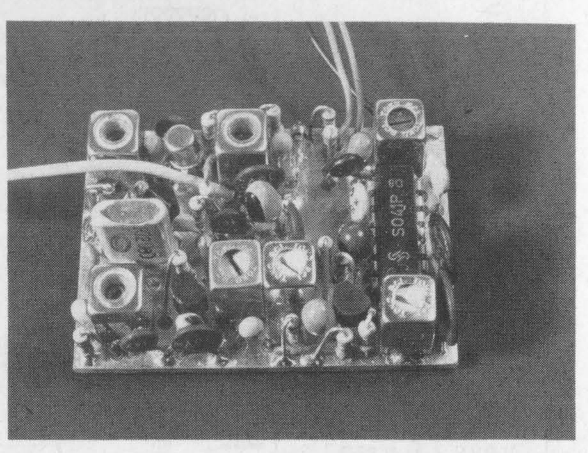


Photo V-F. — RX7.

2. Le schéma.

On remarque immédiatement, en observant la figure V-25, la très grande ressemblance avec le récepteur AM 72 MHz. En effet l'intégration, au niveau de l'entrée du récepteur n'a pas été retenue, les circuits intégrés donnant de moins bons résultats sur cette fréquence élevée (en 1976, du moins !).

Nous retrouvons donc le BF200 amplifiant le 72 MHz reçu, le BF254 et le pilote à quartz assurent le changement de fréquence, puis les étages FI1, FI2, FI3 amplifient le 455 kHz. Mais c'est évidemment au niveau de la détection que les schémas se différencient.

Le secondaire FI3 attaque un circuit intégré très spécial : le SO41 de Siemens, contenant d'une part un ampli-limiteur et d'autre part un démodulateur FM à coïncidence. Examinons assez rapidement ce circuit et son fonctionnement :

Le schéma du SO41 est donné en figure V-26.

L'entrée se fait sur la broche 14. Le signal FI est amplifié par 6 étages différentiels en cascade (de 1 à 6) le dernier complété par deux transistors en collecteur commun. Ces 6 étages donnent un gain considérable de telle sorte que le signal de sortie est écrêté (effet limiteur) dès que la tension d'entrée atteint... 30 à 40 μV. Dans ces conditions, si le signal d'entrée varie en amplitude, l'effet final est nul, dans la mesure où il reste supérieur à cette très faible tension.

Notons à ce sujet que l'étage FI intermédiaire T_3 aurait parfaitement pu être supprimé sans guère compromettre les performances. Il a été conservé volontairement pour faciliter la mise au point, comme on le verra plus loin.

De même, si le signal FM est affecté d'une modulation AM parasite, celle-ci passe tout à fait inaperçue, supprimée par l'écrêtage : la réjection AM est donnée pour 60 dB, ce qui est considérable. Nous trouvons là, une explication aux avantages essentiels de la FM :

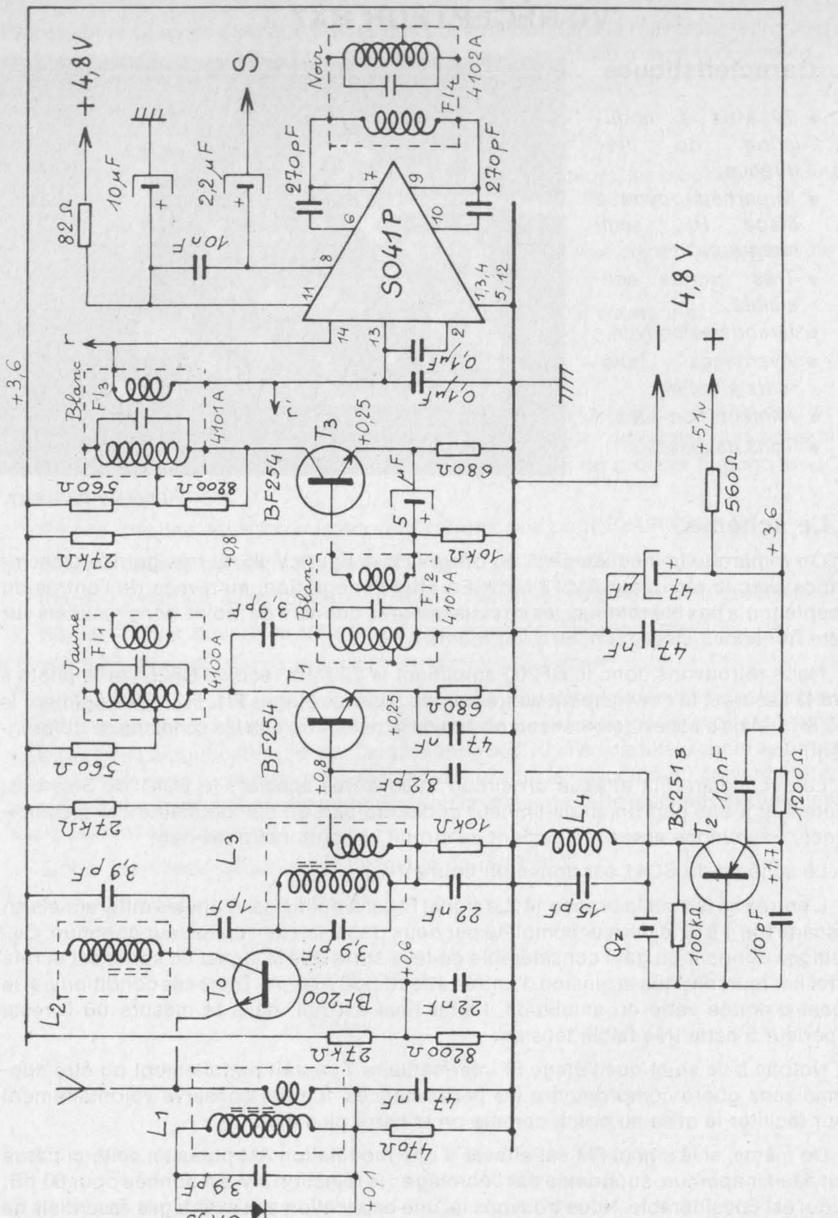


Fig. V-25. — Schéma de RX7.

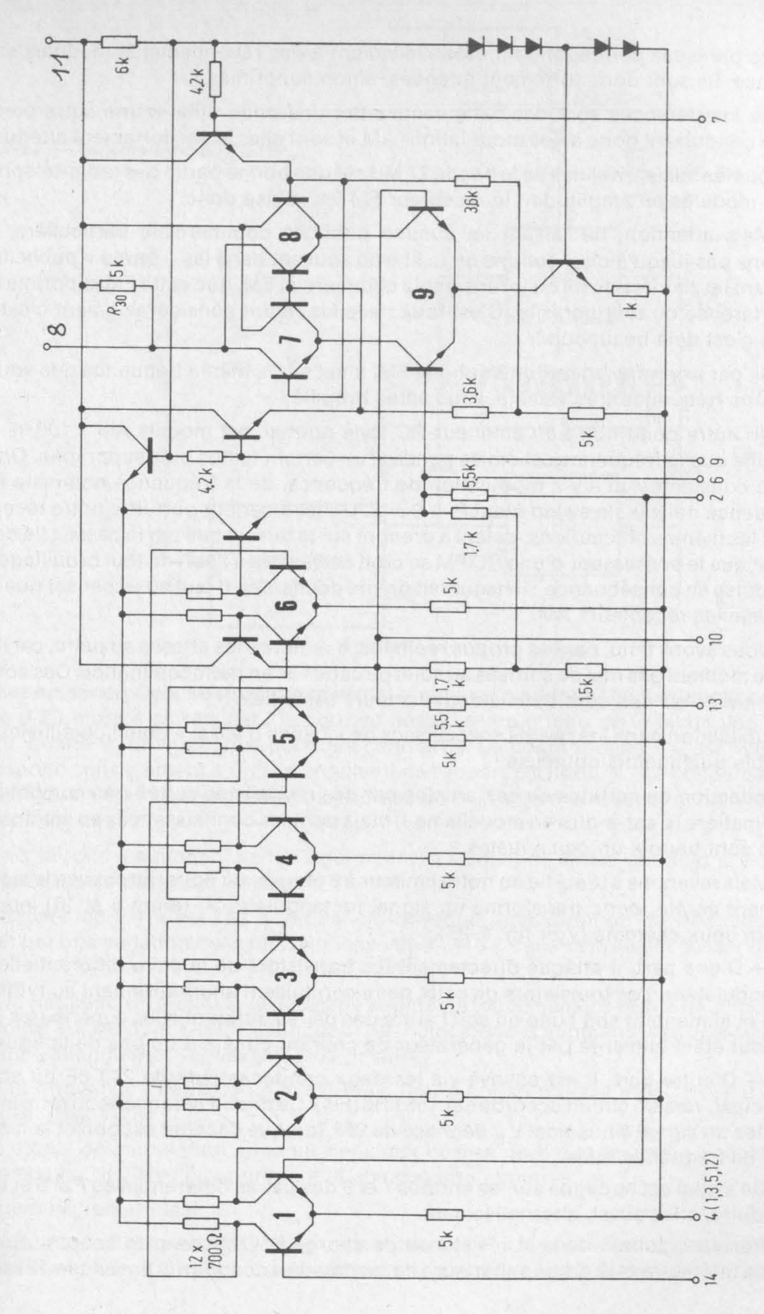


Fig. V-26. — Schéma du SO41P.

• Les parasites correspondent essentiellement à des rayonnements modulés en fréquence. Ils sont donc fortement atténués, sinon supprimés.

• Les interférences sont des battements entre une onde utile et une autre parasite. Elles conduisent donc à des modulations AM et sont elles aussi, fortement atténuées.

• Tous les talkies-walkies de la bande 27 MHz et une bonne partie des radio-téléphones sont modulés en amplitude : le récepteur FM les refuse donc.

Mais attention, ne faisant ici aucune publicité commerciale particulière, nous n'irons pas jusqu'à dire, comme on le lit trop souvent dans les « pavés » publicitaires, vantant les mérites de tel ou tel ensemble commercial FM, que cette FM supprime **toute** interférence ou **tout** parasite. C'est **faux :** elle les réduit considérablement c'est tout, mais c'est déjà beaucoup !

Si, par exemple, un radio-téléphone FM, émet sur la même fréquence que vous, ou sur une fréquence très voisine, vous serez brouillé !

Un autre point noir : un émetteur RC style normal, est modulé AM *à 100 %*. Cela signifie que la fréquence est émise pendant un certain temps puis supprimée. On peut donc considérer qu'il y a modulation de fréquence, de la fréquence nominale F à la fréquence nulle 0 : le swing étant F — 0 = F. Un tel émetteur perturbe notre récepteur FM : les mêmes précautions restent à prendre sur le terrain que par le passé ! Le danger serait que le possesseur d'une RC/FM se croit naïvement à l'abri de tout brouillage et se conduise en conséquence : il risquerait de vite déchanter. Il faut aussi penser que la FM brouille les récepteurs AM.

Nous avons tenu, par ces propos **réalistes,** à remettre les choses au point, car il se lit en ce moment pas mal de sottises au sujet de cette FM en radiocommande. Ces sottises, volontaires ou non sont dues à deux facteurs essentiels :

• Publication dans les revues spécialisées de « bancs d'essai » dont l'objectivité nous semble quelquefois douteuse !

• Rédaction de certains de ces articles par des modélistes certes très compétent en leur matière (c'est-à-dire en modélisme !) mais dont les connaissances en électronique pure sont parfois un peu... justes !

Mais revenons à la sortie de notre limiteur à 6 étages, où nous retrouvons le signal FI dûment écrêté, donc transformé en signal rectangulaire V_1 (entre 6 et 10) lequel va suivre deux chemins (Voir fig. V-27) :

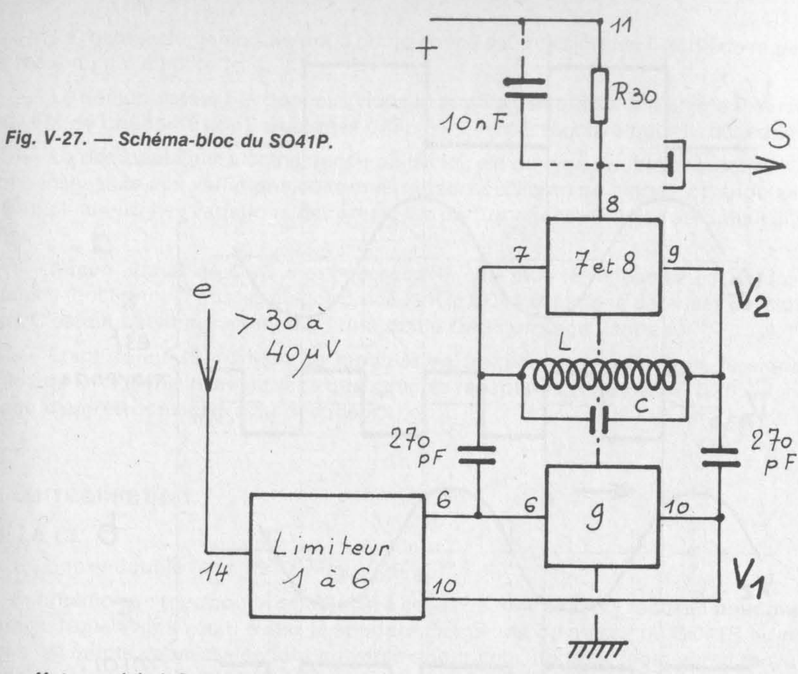
— D'une part, il attaque directement les transistors de la paire différentielle 9 du démodulateur. Les transistors de cette paire conduisent alternativement au rythme de la FI et alimentent soit l'une ou soit l'autre des paires différentielles supérieures 7 et 8. Le tout étant alimenté par le générateur de courant constant du bas de la figure.

— D'autre part, il est envoyé via les deux condensateurs de 270 pF du schéma principal, vers un circuit accordé sur 455 kHz (FI4). Ce circuit résonne et on retrouve aux bornes un signal sinusoïdal V_2, déphasé de 90°, lorsque l'accord est bon et la modulation de fréquence nulle.

Ce signal est appliqué sur les entrées 7 et 9 des paires différentielles 7 et 8 et les fait conduire, elles aussi, alternativement.

Résultat global : dans la résistance de charge R_{30}, passera un courant quand la partie inférieure et la partie supérieure du modulateur conduiront ensemble. (Elles sont

Fig. V-27. — Schéma-bloc du SO41P.



en effet en série.) Cela se produira quand il y aura **coïncidence** des conductions. La figure V-28 montre ce résultat : le courant passe, compte tenu de la technologie du circuit, quand V_1 et V_2 ont des polarités contraires. Le courant dans R_{30} est pulsé et correspond sensiblement à un rectangulaire de rapport cyclique. 1. Le condensateur de 10 nF, entre 8 et 11, c'est-à-dire aux bornes de R_{30} intègre le résultat et délivre une tension moyenne V_m.

Mais faisons maintenant varier légèrement la fréquence émise (modulons en fréquence). Que se passe-t-il ?

L'accord de FI4 étant fait à fréquence moyenne, une variation de fréquence se traduit par une variation de la phase relative de V_1 et V_2, celle-ci pouvant passer de 0 à 180°.

Si la fréquence FI diminue, le décalage augmente (déplacement vers la gauche de la sinusoïde, sur la figure V-28*b*) la longueur des coïncidences augmente, les passages de courant s'allongent et V_m devient plus positive.

Si la fréquence FI augmente, c'est le contraire qui se produit et V_m devient plus négative. (Fig. V-28*c*.)

Le signal de modulation apparaît donc aux bornes de R_{30} et en sortie S, après le condensateur de liaison, supprimant la composante continue.

Quelques remarques :

— Pour une bonne intégration aux bornes du 10 nF, il faut que la charge connectée extérieurement en S (l'entrée du décodeur, par exemple) soit à impédance élevée. Il

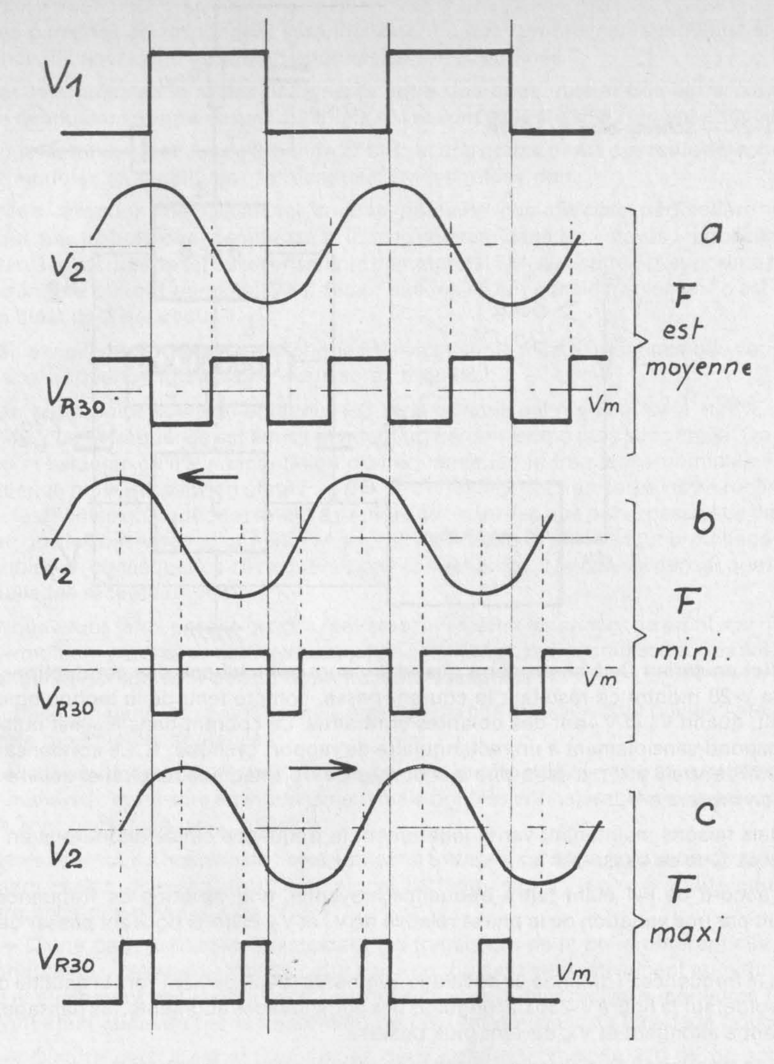


Fig. V-28. — Diagrammes des signaux du SO41P.

sera donc fait usage d'un étage de prélèvement en collecteur commun ayant précisément cette caractéristique.

— La difficulté pratique de ce montage a été le choix du circuit accordé : il fallait utiliser un bobinage disponible commercialement. L'astuce a été de monter FI4, en l'attaquant par le secondaire. L'adaptation d'impédance est parfaite dans ces conditions.

— Le réglage du démodulateur à coïncidence est très simple : il suffit de régler FI4 au maximum d'amplitude.

— Le démodulateur FM donne, à vide, un souffle très puissant (comme tout récepteur FM de radiodiffusion). Quelques difficultés en perspective pour le décodeur !

— Le démodulateur à coïncidence utilisé ici, est du type double alternance : il est donc insensible aux variations de forme (rapport cyclique) du signal rectangulaire V_1 issu du limiteur. Les variations de niveau, les perturbations diverses seront ainsi sans effet.

— **Aucun circuit de CAG** n'est nécessaire, car, plus le récepteur est saturé et... mieux il fonctionne. Tous les étages précédant le SO41 sont donc polarisés de manière fixe. C'est un bel ennui en moins ! Une diode OA95 protège l'entrée.

— Etant donné la manière de moduler en fréquence, à l'émission, le signal se présente en S, dans le même sens que pour les récepteurs RX4, RX5 et RX6. Le même étage d'entrée conviendra au décodeur.

3. La réalisation

a) Le CI

En époxy double face 15/10. (Fig. V-29.)

Fabrication en tous points semblable à celles de RX4/RX5. S'y reporter pour plus de détails. Nous avons voulu éviter la soudure des picots de masse du SO41P au recto. Tous les points de masse se font au verso : pour cela, un pont recto-verso renvoie la ligne de masse de ce côté.

b) Liste des composants

1	BF200	1	82 Ω 1/4 W
2	BF254	1	470 Ω 1/4 W
1	BC251B	3	560 Ω 1/4 W
1	SO41P	2	680 Ω 1/4 W
1	OA95	1	1200 Ω 1/4 W
1	1 pF cér	2	8200 Ω 1/4 W
4	3,9 pF cér	2	10 kΩ 1/4 W
1	8,2 cér	3	27kΩ 1/4 W
1	10 pF cér	1	100 kΩ 1/4 W
1	15 pF cér		
2	270 pF série C330		L_1 : voir RX5
2	10 nF GFO 12 V		L_2 : voir RX5
2	22 nF GFO 12 V		L_3 : voir RX5
3	47 nF GFO 12 V		L_4 : voir RX5
2	0,1 μF GFO 12 V		Quartz voir RX5
1	2,2 μF perle tantale	1	support de quartz ou 2 douilles-cage.
1	5 μF perle tantale		
1	10μF perle tantale	4	transfos FI : voir RX5
1	47 μF perle tantale	1	boulon de 2 mm avec écrou.

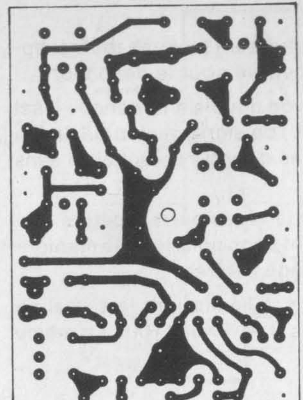


Fig. V-29. — CI du RX7.

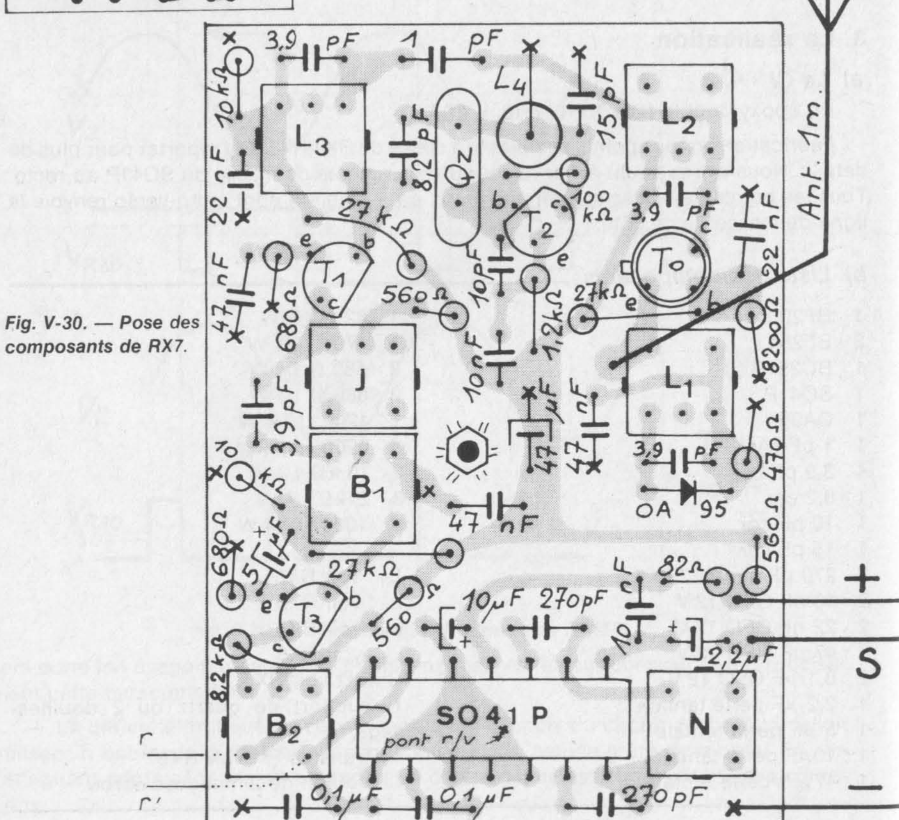


Fig. V-30. — Pose des composants de RX7.

c) *Pose des composants* (fig. V-30)

Le travail est très semblable à celui de la réalisation de RX4/RX5. On s'y reportera pour plus de détails. Souder, dans l'ordre :

Ecrou central, transfos HF et transfos FI, (voir le détail de l'opération dans le paragraphe RX5, mais la seule patte de B_1 marquée d'une croix est à conserver), fil de masse du BF200, pont recto-verso sous le SO41P, composants ayant un pôle à la masse, au recto (repéré par une croix). Souder le SO41P, les transistors et les autres composants. Protéger de contacts intempestifs par un fin souplisso les fils de la 560 Ω de « J », de la 27 kΩ de « B_1 » et de la 27 kΩ de « L_1 ». Souder au verso, deux fils isolés fins provisoires aux points r et r'. On se servira ultérieurement de ces fils pour le réglage du récepteur, soit en y connectant l'oscilloscope pour l'accord des FI, soit en y soudant la cellule d'alignement pour l'accord de L_1, L_2 et L_3. Limer enfin les soudures. Brosser et nettoyer à l'acétone.

Souder le fil d'antenne et les fils de liaison.

d) *Mise en service*

Tous réglages à mi-course.

Brancher l'oscilloscope entre S et masse, à travers la cellule habituelle (fig. V-16). Mettre sous tension. Un souffle important doit apparaître. En retouchant FI4, on en fait varier l'amplitude.

Mettre l'émetteur en marche et constater immédiatement l'apparition du signal.

En cas d'échec :

— Pas de souffle : c'est le démodulateur qui est en cause. Vérifier soigneusement les composants, la continuité de **tous** les enroulements de FI4 et FI3. Changer en dernière extrémité, le circuit SO41P.

— Souffle, mais pas de signal : vérifier le pilote quartz (voir RX4), puis T_3 T_4 et leurs composants. Enfin le changeur de fréquence et l'étage HF.

Le fonctionnement global obtenu, installer la platine dans son boîtier avec toutes les précautions d'usage.

Réglage fin :

La platine de l'émetteur a été contrôlée en son temps et l'on connaît avec précision la valeur de la fréquence moyenne

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2} \text{ (voir HF4)}$$

Débrancher le fil arrivant en m du connecteur de la platine HF4 et souder directement sur les cosses de ce connecteur, un potentiomètre ajustable, type EO97, de 47 kΩ, entre + 12 V, m, et la masse (voir fig. V-31).

Allumer l'émetteur et régler la fréquence à la valeur F, calculée ci-dessus, en agissant sur le potentiomètre ajustable et en contrôlant le résultat au fréquencemètre numérique. Pour ce travail, nous recommandons de remplacer l'antenne par l'ampoule de 12 V 0,1 A.

Placer l'émetteur muni à nouveau de *son antenne déployée*, à une cinquantaine de mètres.

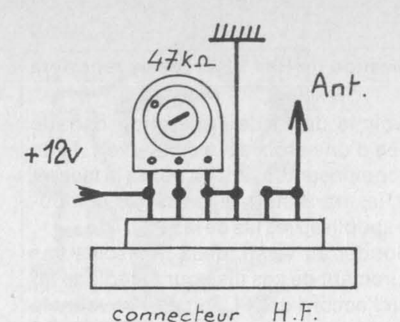


Fig. V-31. — Calage de la fréquence moyenne TX.

Fig. V-32. — Cellule de détection.

Au récepteur, souder entre r et r', la cellule de détection de la fig. V-32 et y brancher un galvanomètre de 50 μA. Régler minutieusement :

• Boîtier ouvert, les noyaux de FI1, FI2, FI3, pour un maximum de déviation et les noyaux de L_1, L_2 et L_3 pour un même résultat.

Refaire plusieurs fois les réglages, en prenant les précautions indiquées pour le RX4. (L'oscilloscope est supprimé pour ce réglage.)

La déviation doit se situer vers 20 μA.

Reprendre l'émetteur, le recâbler normalement. Supprimer la cellule en r/r'.

Reconnecter l'oscilloscope comme au départ.

Mettre Tx et Rx sous tension. Régler FI4 au maximum d'amplitude du signal.

NB Sans T_3, la déviation en r/r' aurait été insignifiante et difficilement mesurable.

• Ne jamais retoucher les réglages des circuits précédant le SO41P, par observation à l'oscilloscope. En effet l'action du limiteur est telle, que les modifications de réglage passent tout à fait inaperçues, mais par contre la sensibilité globale s'en ressent et la sélectivité serait mauvaise : *la cellule de détection est obligatoire.*

• Si après un réglage parfait, il semblait que le signal soit écrêté, il faudrait en accuser un swing trop important et le réduire en conséquence, avec en contre-partie une reprise complète des réglages. Cela ne doit pas se produire avec les ± 2,5 kHz prévus.

VII. RÉCEPTEUR RX8

1. Caractéristiques

- *27 MHz à Modulation de Fréquence.*
- *Superhétérodyne à intégration presque totale.*
- *Très grande sensibilité.*
- *Grande sélectivité.*
- *Avantages inhérents à la FM.*
- *Alimentation 4,8 V.*
- *Tous usages RC.*

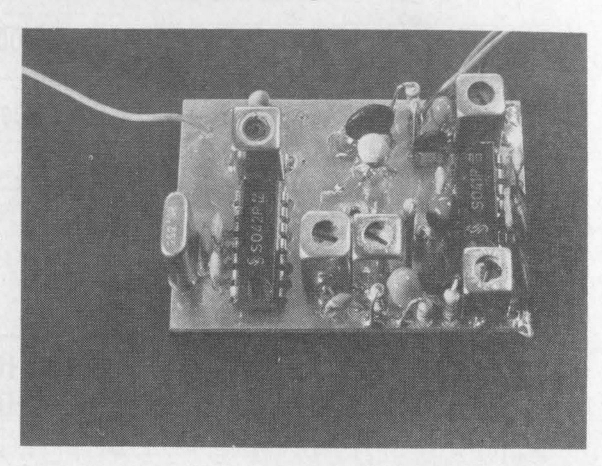


Photo V-G. — RX8.

2. Le schéma (fig. V-33).

Remarquable par sa simplicité, due à une intégration poussée.

Le changement de fréquence est confié à un modulateur équilibré intégré : Le SO42P.

On trouve le schéma interne de ce circuit en fig. V-34.

La paire de transistors du bas, constitue l'oscillateur à quartz... sans le moindre bobinage. Les deux paires différentielles du haut sont soumises symétriquement au signal reçu, sur leurs bases et au signal d'oscillation, sur leurs émetteurs.

On retrouve en sortie 2 la différence des fréquences. Les avantages de ce circuit sont :

• Une haute qualité du signal FI, caractérisé en particulier, par un taux d'intermodulation très faible.

• Une réjection totale des fréquences incidentes.

La bonne qualité du circuit permet de se contenter d'un simple enroulement accordé pour l'entrée d'antenne.

Les tensions FI développées aux bornes de FI1 retrouvent le filtre de bande employé sur tous nos récepteurs, sont amplifiées par T (qui permet un réglage plus facile et contribue à améliorer la sélectivité) et atteignent enfin l'entrée du fameux SO41P, sans lequel la FM serait bien difficilement réalisable en RC.

Les tensions BF sont disponibles en S.

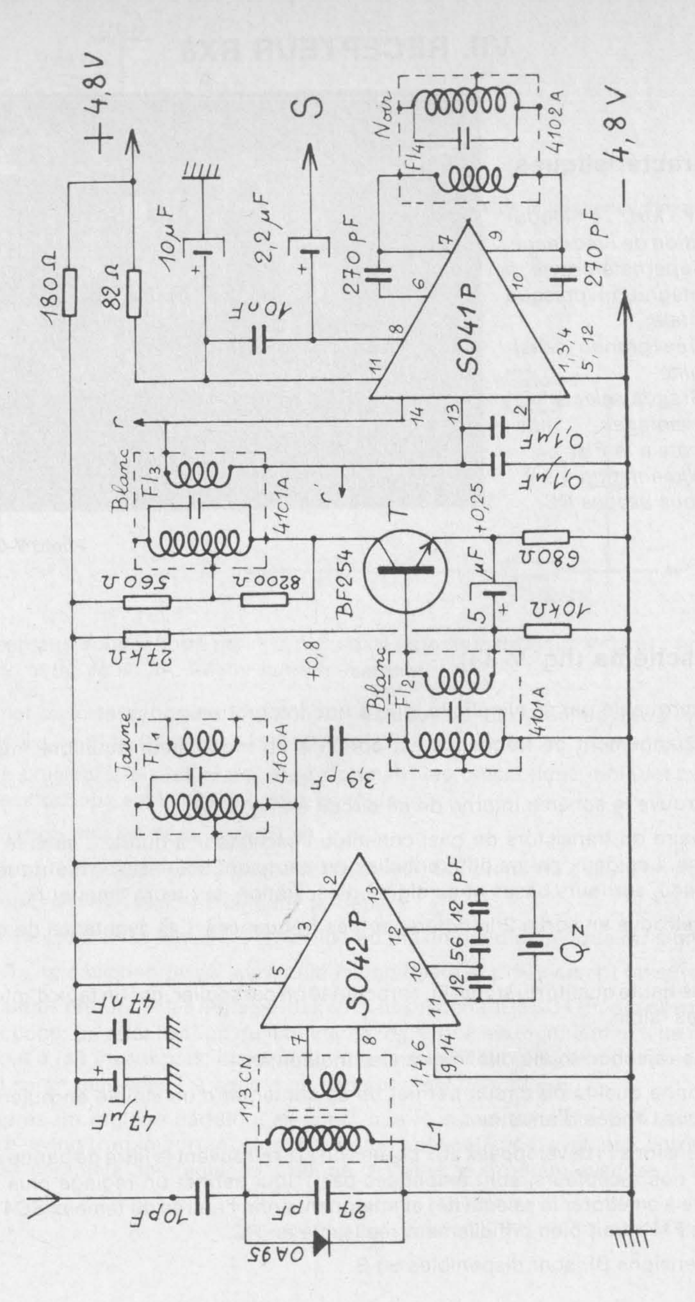
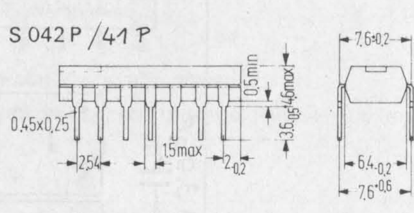


Fig. V-33. — Schéma de RX8.

Fig. V-34. — Schéma interne du SO42P.



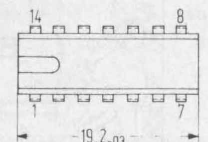


Fig. V-34b. — Brochage des SO41/42P.

3. La réalisation

a) Le CI

En époxy double face 15/10. (Fig. V-35).

Réalisation selon les mêmes critères que pour les récepteurs précédents. Deux ponts recto-verso sont prévus pour pouvoir souder tous les picots des circuits intégrés au verso.

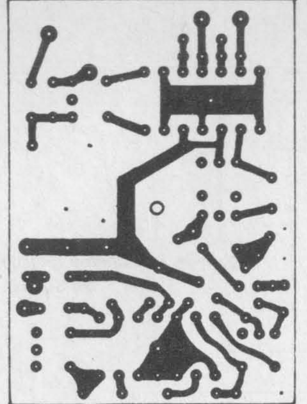


*Fig. V-35. — CI du RX8 *.*

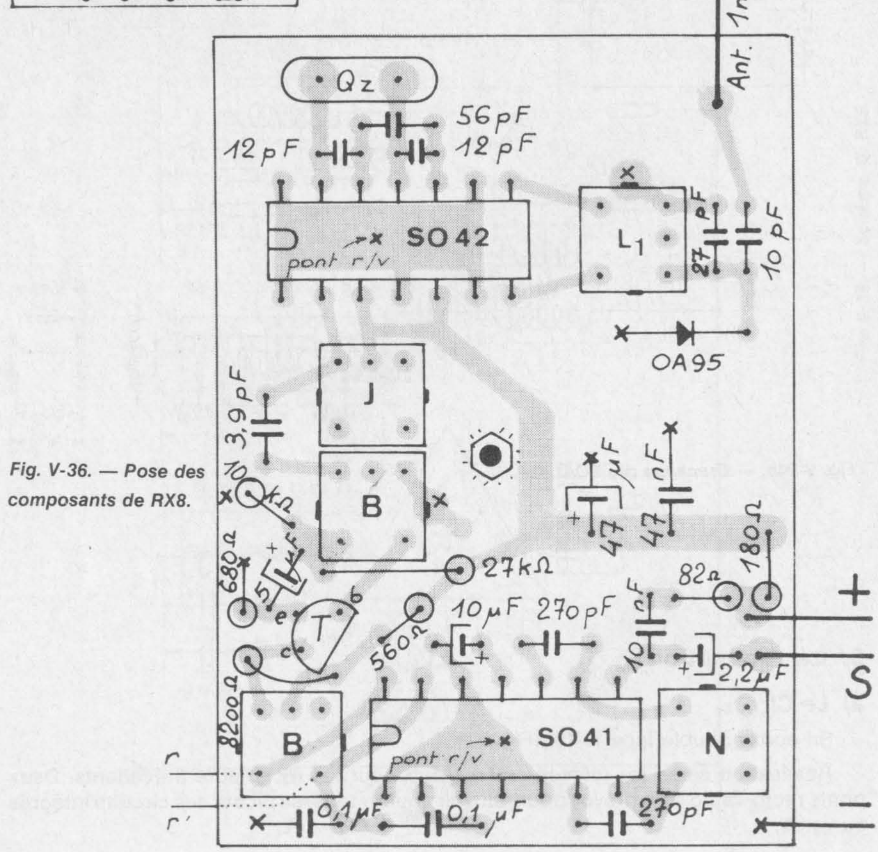


Fig. V-36. — Pose des composants de RX8.

b) Liste des composants

1 BF184 (ou BF254)
1 SO41P de Siemens
1 SO42P de Siemens
1 OA95
1 3,9 pF cér
1 10 pF cér
2 12 pF cér
1 27 pF cér
1 56 pF cér
2 270 pF série C330
1 10 nF GFO 12 V
1 47 nF GFO
2 0,1 µF GFO
1 2,2 µF perle tantale
1 5 µF perle tantale
1 10 µF perle tantale
1 47 µF perle tantale
1 82 Ω 1/4 W
1 180 Ω 1/4 W
1 560 Ω 1/4 W
1 680 Ω 1/4 W
1 8200 Ω 1/4 W
1 10 kΩ 1/4 W
1 27 kΩ 1/4 W

L_1 : 113CN/2K159

Quartz : gamme 27 MHz, partiel 3, boîtier HC25U. Fréquence égale à la fréquence nominale de l'émetteur, diminuée de 455 kHz.
1 support ou 2 douilles-cage.
4 transfos FI : voir RX4.
1 boulon de 2 mm avec écrou.

N.B. L'auteur peut fournir sur demande tout bobinage HF des Rx ou Tx décrits. Prendre contact au préalable, sans oublier de joindre une enveloppe self-adressée et affranchie.

c) Pose des composants (fig. V-36)

- Souder l'écrou central.
- Souder les FI et L_1 (voir RX4).
- Souder les deux ponts recto-verso.
- Souder tous les composants, ayant une connexion à la masse.
- Souder les deux circuits intégrés, avec les précautions d'usage. (Ne pas oublier les fils r et r' - Voir RX7.)
- Souder les derniers composants.
- Limer les soudures. Brosser, nettoyer.
- Souder le fil d'antenne et les fils de liaison.

d) Mise en service

Tous réglages à mi-course.

Mettre en tension, après avoir branché l'oscillo en sortie, à travers la cellule de la figure V-16. A vide le souffle apparaît.

Mettre l'émetteur en marche : le signal est reçu.

En cas d'échec :

— Pas de souffle : voir le circuit du démodulateur FM.

— Souffle, mais pas de signal : contrôler en tout premier l'oscillation du quartz, puis la FI. En dernier ressort, le SO42.

Lorsque le récepteur fonctionne normalement, l'installer dans son boîtier.

Réglage fin

- Caler l'émission sur la fréquence moyenne (voir RX7). Eloigner l'émetteur.
- Souder la cellule de détection (fig. V-32) en r et r'.
- Régler les FI (boîtier ouvert) pour un maximum de déviation du galvanomètre, puis L_1 pour un même résultat, sans toucher le récepteur autrement que par un isolant.
- Remettre le Tx en câblage normal. Supprimer la cellule de détection.
- Rebrancher l'oscilloscope en sortie S et régler FI4, pour un maximum d'amplitude du signal reçu. (Voir RX7 pour plus de détails.)

Autre méthode de réglage des ensembles FM.

On peut parfaitement régler les circuits d'émission et de réception FM sans fréquencemètre numérique, à condition de posséder un oscilloscope passant le 455 kHz, ce qui est le cas général, même pour les plus modestes.

- La platine HF de l'émetteur a été vérifiée, réglée en AM, puis recâblée en FM. Le noyau de L_{Qz} sur HF3, ou de L_4 sur HF4, complètement sorti pour avoir un swing minimum.
- Mettre le récepteur sous tension en branchant l'oscilloscope entre r et r'. L'émetteur en service, antenne déployée est placé à une cinquantaine de mètres.
- Régler FI1, FI2 et FI3 pour un maximum d'amplitude du 455 kHz, *sans creux ni bosses,* l'observation se faisant à 50 Hz, c'est-à-dire à la fréquence du train de signaux du codeur.
- Passer l'oscilloscope en sortie S et régler FI4 au maximum de niveau BF.
- Déterminer l'amplitude obtenue ainsi en S/Rx. Il faudrait 500 mVcc, mais il est certain que vous trouverez nettement moins, car le swing est insuffisant.
- Augmenter à l'émission, en vissant d'un tour le noyau de la bobine en série avec le quartz. Reprendre le réglage des quatre transfos FI. Procéder ainsi par retouches successives, jusqu'à obtenir les 500 mVcc en S/Rx correspondants à un swing de l'ordre de 3,5 kHz.
- Le réglage des noyaux HF se fera de préférence en utilisant la cellule de détection et le galvanomètre, de manière à éviter de faux accords provoqués par l'effet de masse de l'oscilloscope.

Avec la description du récepteur RX8, s'achève la série des récepteurs que nous vous proposons. Nous espérons que vous la trouverez... suffisante et que le récepteur correspondant à votre problème particulier s'y trouve !!

RX1 est un récepteur expérimental, nous l'avons dit. RX2 et RX3 sont des récepteurs économiques, simples : ils sont destinés à des installations modestes ou à des jeunes débutants, désireux de faire leurs premières armes sans risques. Ces récepteurs conviendront parfaitement pour le bateau et même l'avion de début, si l'on a la chance d'habiter une région où « l'éther », comme la vie, a encore une certaine sérénité. Ils feront aussi merveille sur de petites voitures automobiles téléguidées.

RX4, RX5, RX6, sont de bons récepteurs, prêts à tous les services. RX7 et RX8 sont ce qui se fait de mieux à l'heure présente. Leurs dimensions identiques, leurs caractéristiques d'alimentation et de sortie, les rendent interchangeables. Associés à la platine HF qui convient, ils constituent un lien solide, entre le pilote et son modèle. La portée, **au sol** des montage AM 27 MHz dépasse 500 m, celle de l'AM 72 MHz atteint 750 m. En FM 27 et 72 MHz, les 1 200 m **au sol** sont presque obtenus. En l'air, la portée est... à perte de vue.

Au travail, donc, mais **soyez très soigneux,** car un récepteur reste un montage délicat et il mérite toute votre attention et toute votre application !!

Chapitre 6 ENSEMBLES TYPES « TOUT OU RIEN »

Comme nous l'avons indiqué, lors des chapitres précédents, la technologie du Tout ou Rien est quelque peu périmée. Cependant, elle s'adapte encore parfaitement à certains types de commande à distance. C'est le cas de la radiocommande de bateaux électriques, à vitesse raisonnable, pour ne citer que cet exemple typique. Nous n'hésiterons pas à dire même, que dans ce cas, elle s'adapte mieux au modèle que la technique digitale.

Par ailleurs, sur le plan financier, ces ensembles sont intéressants, non seulement à cause de leur grande simplicité, mais aussi parce que les intermédiaires mécaniques sont réalisables par un amateur moyen, d'où un prix de revient minimal.

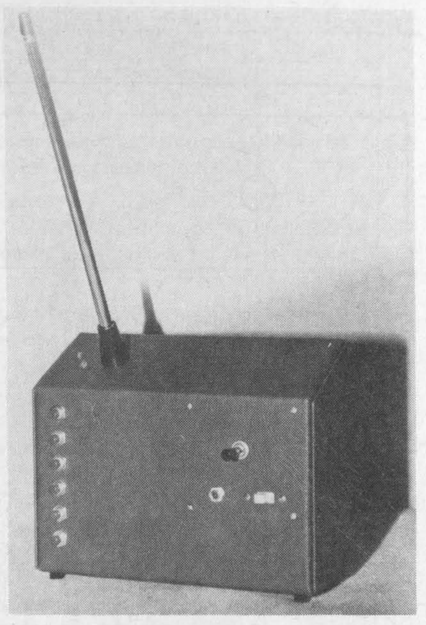
A l'émission :

Un boîtier émetteur **unique** a été prévu pour toutes les versions décrites dans ce chapitre. Il s'agira ainsi d'un « émetteur universel ». Prévu pour un maximum de 8 canaux (2 par clé à deux positions, 6 par poussoirs simples) la partie HF est un modèle du chapitre IV. La platine s'enfichant comme un tiroir est donc interchangeable. Des codeurs spécialisés et facilement démontables correspondront à chaque technologie : lames vibrantes, filtres BF, ou commande numérique.

A la réception :

Un des 8 récepteurs du chapitre précédent sera retenu selon le mode de transmission HF choisi. Un décodeur « ad hoc » étant utilisé, en accord avec le codage de l'émission. Des servo-mécanismes seront proposés.

Photo VI-A. — L'émetteur TOUT ou RIEN « universel ». Aspect extérieur.



A. Ensemble monocanal en onde HF pure

Le TF1

Il s'agit du système de radiocommande le plus rudimentaire qui soit :

— A l'émission : un simple interrupteur commande le modulateur et provoque l'émission de la porteuse pure ou... l'interrompt.

— A la réception : un relais répond à cette action ! (Voir fig. II-6.)

La description pourrait donc être extrêmement courte puisque nous disposons déjà des platines HF et des récepteurs nécessaires. Nous profiterons toutefois de ces lignes pour décrire le boîtier « universel » commun à toutes les versions de ce chapitre.

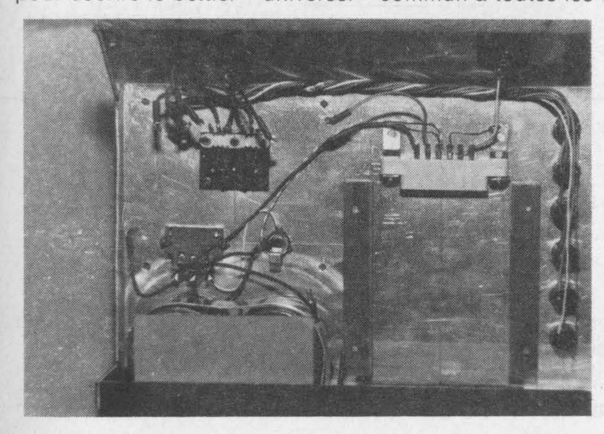


Photo VI-B. — L'émetteur TOUT ou RIEN « universel ». Vue intérieure sur le câblage de base. Remarquer le faisceau des fils de liaison aux poussoirs, le connecteur HF, les glissières et le bloc d'alimentation.

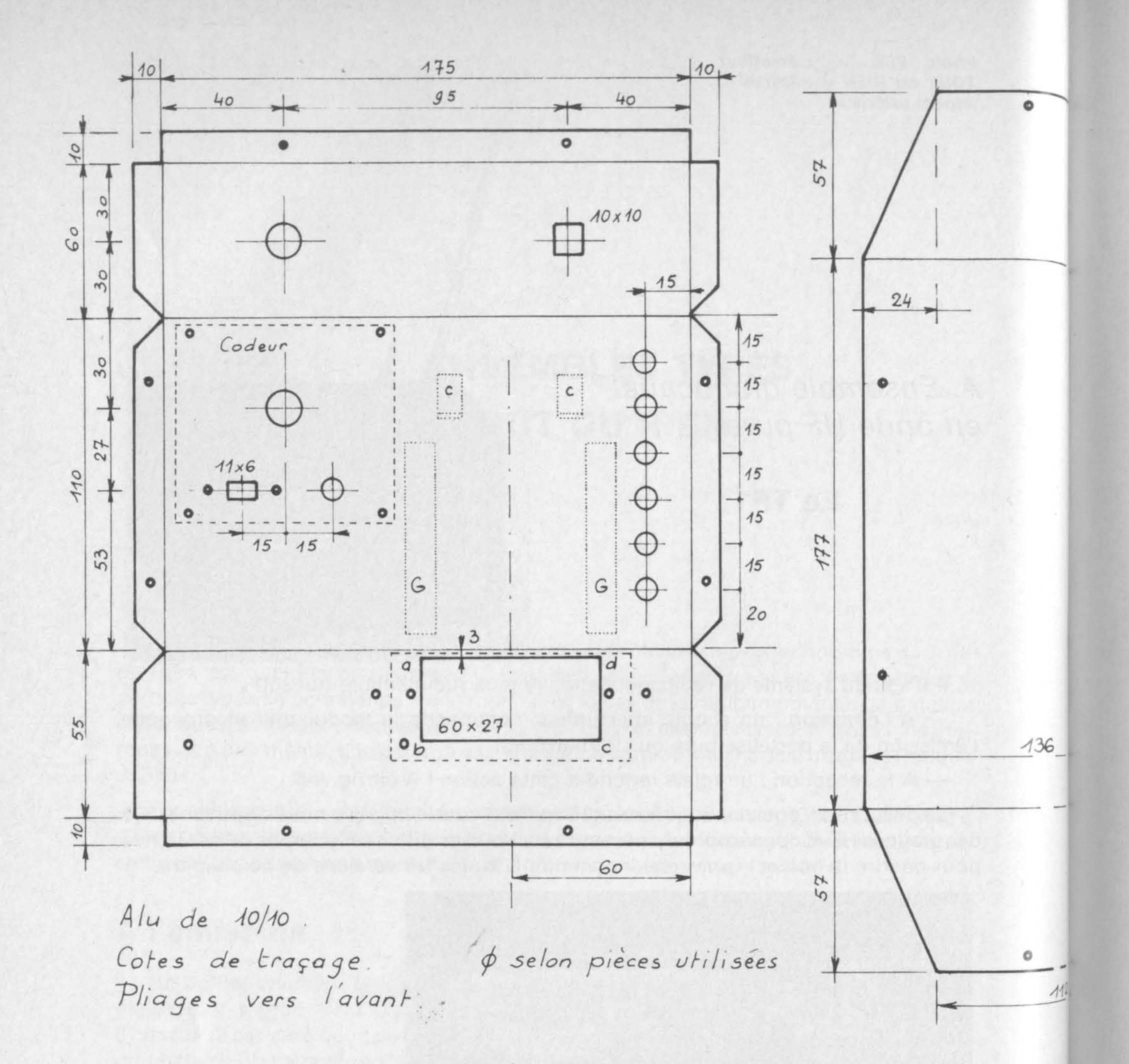


Fig. VI-1. — Boîtier de l'émetteur TOUT ou RIEN universel.

I. L'émetteur

a) Le boîtier

La figure VI-1 donne toutes les cotes de fabrication. Se reporter au chapitre III pour les processus de travail. Faire, dans l'ordre :

- Le traçage
- Le découpage des contours et le perçage des trous et ouvertures.

NB. Pour réussir parfaitement la découpe d'introduction du tiroir, procéder comme suit :

— Découper à la scie abrafil, les côtés ab, bc, cd du rectangle abcd.

— Marquer fortement, à l'aide d'un couteau, le trait ad.

— Après pliage du fond, détacher le rectangle par pliages successifs sur ad. Sans ces précautions, le pliage du fond ne peut se faire convenablement.

- Pliage avec presse et cale de bois de 17,5 cm.
- Fixer les glissières de tiroir (fig. IV-4), les équerres de fixation du connecteur HF (fig. IV-5), les pièces laiton de fixation du tiroir et de mise à la masse (fig. IV-6).
- Gainer.

La partie supérieure inclinée donne un angle d'orientation de l'antenne, en position d'emploi normal, favorable à un bon rayonnement. Un trou a été prévu pour la pose d'un petit vu-mètre rond.

b) Composants du boîtier

1 antenne télescopique de 1,25 m, avec son embase isolante.
1 petit vu-mètre rond et sa résistance série. (Facultatif.)
1 interrupteur à glissière Jeanrenaud, type 73M (ou 74M).
1 prise de jack de charge, ∅ 4 mm, et sa fiche.
1 connecteur HF, type Sogie, CIL6, ou Metallo 2406.
1 poussoir à contact travail + 1 résistance de 15 kΩ.
1 platine HF (pour mémoire).
1 alimentation : soit 2 batteries 6 V 500 mAh cadmium-nickel.
soit 2 batteries 6 V 250 mAh cadmium-nickel.
soit 3 piles 4,5 V type Gnoma.

selon la platine HF choisie, l'autonomie désirée et la fréquence de l'envoi des tops de commande.

NB. Choisir des batteries de marque **Deac** ou **Varta,** car les modèles équivalents de **Voltabloc** sont plus longs et ne rentrent pas dans le boîtier.

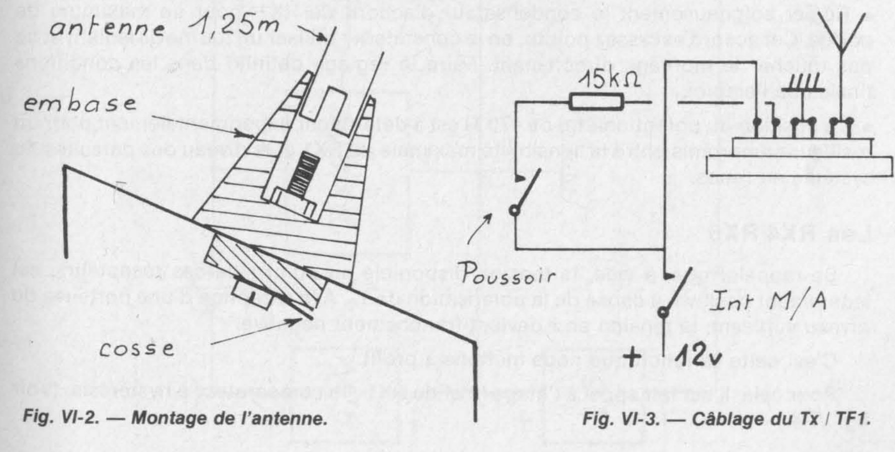


Fig. VI-2. — Montage de l'antenne.

Fig. VI-3. — Câblage du Tx / TF1.

c) Montage

Installer les diverses pièces dans le boîtier. Monter l'antenne selon la figure VI-2. Les batteries ou les piles sont maintenues par un solide collier, boulonné au fond du boîtier. Prévoir un carton d'isolement.

Câbler suivant le schéma de la figure VI-3.

d) Mise en service

Enficher le tiroir HF choisi parmi : HF1, HF2, HF3/AM, HF4/AM. Ce tiroir est supposé mis au point selon les méthodes préconisées dans le chapitre correspondant. Vérifier simplement le bon fonctionnement à l'aide du mesureur de champ :

— Poussoir appuyé : déviation du mesureur.

— Poussoir relâché : aucune déviation.

Ajuster éventuellement, la résistance série du vu-mètre pour que, batteries à bloc, l'aiguille vienne juste en fin de déviation.

II. Réception

Les récepteurs RX1, RX4 et RX5, conviennent selon la fréquence émise.
RX1, en 27 ou 72 MHz pour une très courte portée. (Quelque 50 m.)

RX4, en 27 MHz pour une grande portée.

RX5, en 72 MHz pour une grande portée.

Le RX1 :

- Liaison entre les deux 741 par une résistance de 1 800 Ω.
- Relais **Kako,** 300 Ω, 1RT, entre les points S1 et S2. Protéger le transistor de sortie par une 1N4002, suivant le schéma et soudée à la place de la 2 700 Ω.
- Régler soigneusement le condensateur d'accord de RX1, pour un maximum de portée. Cet accord est assez pointu, on le constatera : utiliser un tournevis isolant et ne pas toucher le montage directement. Faire le réglage définitif dans les conditions finales de l'emploi.
- La position du potentiomètre de 470 Ω est à déterminer expérimentalement pour un meilleur compromis entre la sensibilité maximale de RX1 et le niveau des parasites du système au repos.

Les RX4/RX5

Se rappeler que, à vide, la tension disponible au point r de ces récepteurs, est légèrement positive, à cause de la polarisation de T_3. A la réception d'une porteuse de niveau suffisant, la tension en r devient franchement négative.

C'est cette variation que nous mettons à profit.

Pour cela, il est fait appel à l'étage final de RX1 : le comparateur à hystérésis. (Voir fig. VI-4.)

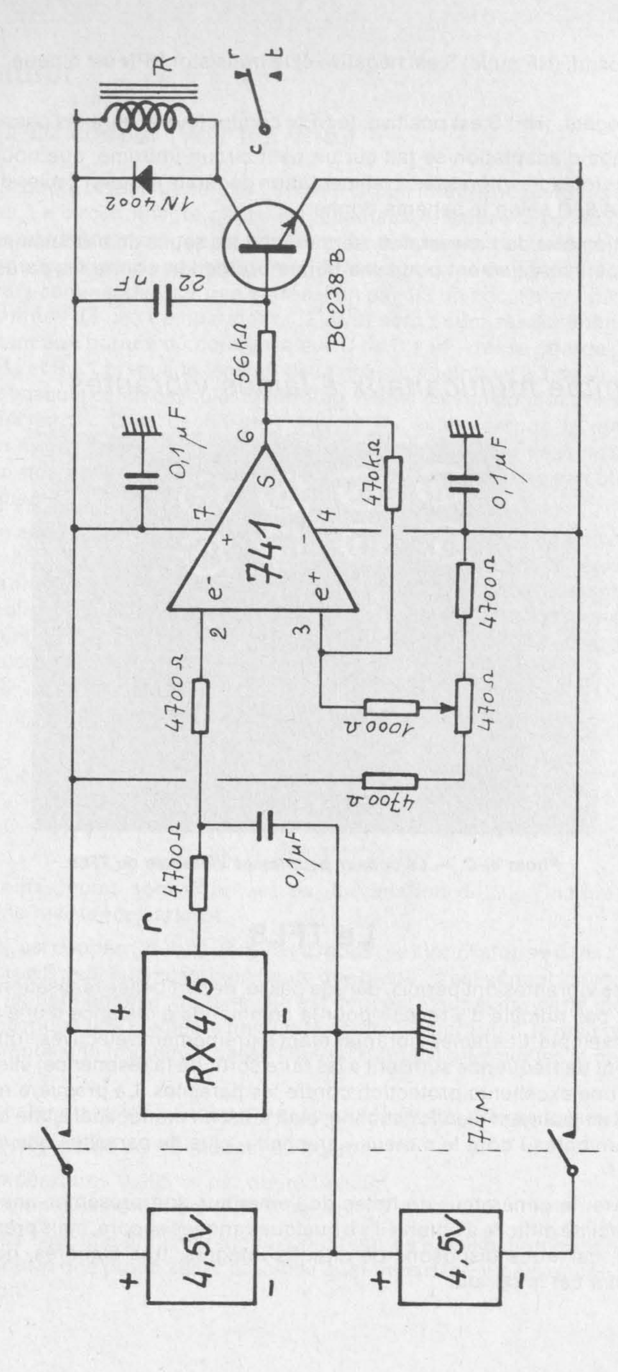


Fig. VI-4. — Adaptation d'un étage à relais aux RX4/5.

Si r est positif, (HF nulle) S est négative et le transistor NPN est bloqué : le relais est au repos.

Si r est négatif, (HF) S est positive, le NPN conducteur et le relais passe au travail.

Le montage d'adaptation se fait sur un petit circuit imprimé, que nous laissons à l'initiative des lecteurs intéressés. L'alimentation générale requiert 2 piles de 4,5 V (ou 2 batteries de 4,8 V) selon le schéma donné.

Le potentiomètre du comparateur sert à régler les seuils de basculement : il faudra procéder expérimentalement pour une bonne protection contre les parasites.

B. Ensemble multicanaux à lames vibrantes

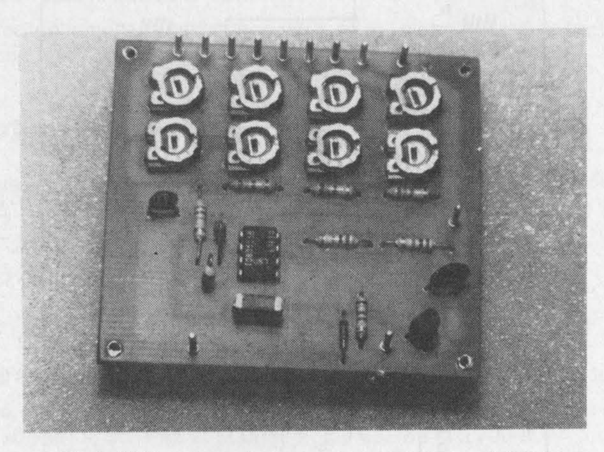


Photo VI-C. — Le codeur pour lames vibrantes du TFL8.

Le TFL8

Les lames vibrantes ont permis, dans le passé, de fort belles réalisations. Il ne serait absolument pas ridicule d'y revenir pour la commande à distance d'une maquette de bateau par exemple. Les lames vibrantes étant extrêmement sélectives, (quelques hertz de glissement de fréquence suffisent à les faire sortir de la résonance) elles ont le gros avantage d'une excellente protection contre les parasites. La première réalisation de l'auteur, qui ait vraiment bien fonctionné, était ainsi un monocanal à **une** lame vibrante et cela sur un bateau dont le moteur « crachait » plus de parasites que de puissance mécanique !

Par contre, le générateur de notes de l'émetteur doit présenter une très grande stabilité. Stabilité difficile à obtenir il y a quelques années encore, mais presque gratuite aujourd'hui, car nous disposons de circuits intégrés, très élaborés, qui répondent précisément à cet impératif.

I. L'émetteur

1. Schéma du codeur (Voir fig. VI-5.)

On ne peut guère rêver plus simple ! Un seul circuit intégré et quelques composants périphériques. Le circuit intégré choisi est le fameux « **Timer** » type NE555, introduit par Signetics et maintenant repris par tous les fabricants de circuits intégrés. Le schéma interne du 555 est donné en figure VI-6, le diagramme en figure VI-7. On y trouve 2 comparateurs commandés sur une entrée, l'un par 1/3 de Vcc, l'autre par 2/3 de Vcc. Les autres entrées de ces comparateurs (2 et 6) sont soumises extérieurement à la tension existant aux bornes du condensateur C de 0,1 μF, qui se charge à travers les résistances R_A et R_B. Lorsque la tension de la charge atteint les 2/3 de Vcc, le second comparateur bascule et fait basculer le flip-flop, lequel met en conduction le transistor interne de décharge : C se décharge à travers R_B, mais lorsque la tension de ce condensateur est descendue à 1/3 de Vcc le premier comparateur bascule à son tour et ramène le flip-flop dans son état premier. Le transistor de décharge se bloque et... le cycle recommence.

La tension aux bornes de C passe ainsi, périodiquement de 1/3 de Vcc à 2/3 de Vcc. La tension de commande du transistor de décharge est aussi envoyée vers un étage de sortie. Cette sortie passe alternativement de l'état haut à l'état bas, délivrant aux bornes de R_L, un excellent signal rectangulaire, calibré à Vcc et dont la fréquence et le rapport cyclique dépendent des longueurs respectives des charges et des décharges de C. La fréquence d'oscillation est donnée par la formule :

$$f = \frac{1,46}{(R_A + 2\,R_B)\,C} \text{ Hz}$$

Ainsi avec $R_A = 1\,000\ \Omega$
$R_B = 15\ k\Omega$
$C = 0,1\ \mu F$

$$f = \frac{1,46}{(1\,000 + 30\,000)\ 0,1.10^{-6}} = 471 \text{ Hz}$$

Les différentes notes sont obtenues par la variation de R_B. Chaque note étant ajustée par une résistance variable.

Lorsque R_B est coupée (tous poussoirs au repos), le circuit stoppe dans l'état où il se trouve et la sortie S peut être aussi bien haute que basse. C'est gênant, car ou bien la HF est rayonnée en permanence, ou bien elle est coupée. Pour éviter cette incertitude et assurer à la réception une meilleure immunité contre les parasites, la résistance de 390 kΩ donne au repos une fréquence basse (30 à 40 Hz) sans effet sur les lames vibrantes du sélecteur.

S est, bien entendu, reliée au point m de la platine HF et en provoque la modulation.

Le 555 est très stable en fréquence, eu égard :

— à la température : 0,005 % par degré Celsius.
— à la tension d'alimentation : 0,1 % par volt.

Malgré cette seconde caractéristique, un circuit de stabilisation de tension, a été ajouté. Il comporte une diode zener associée à un transistor. Il délivre une tension de + 8,5 V environ.

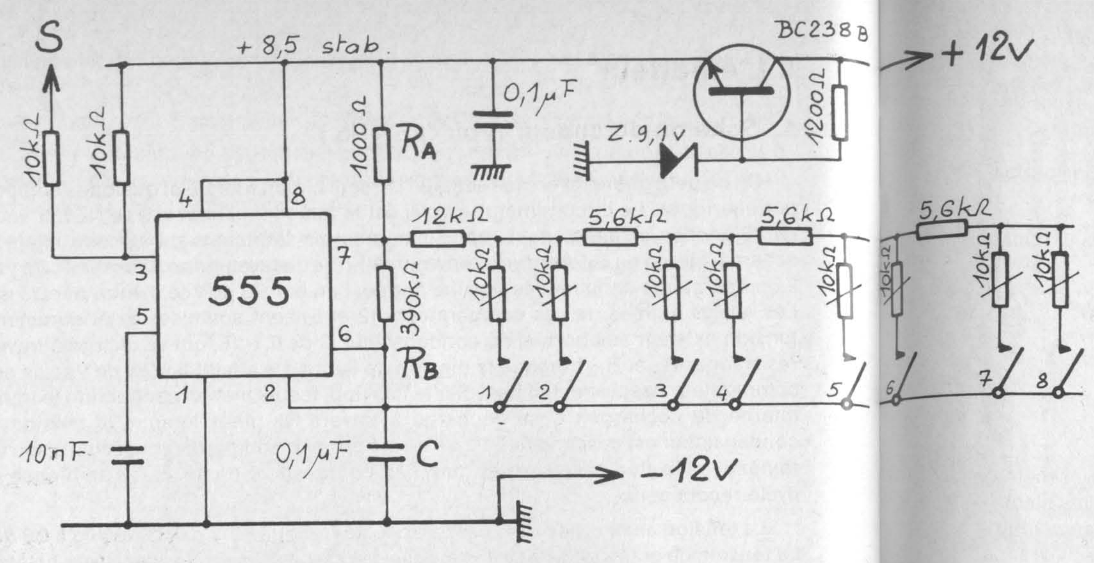


Fig. VI-5. — Schéma du codeur TFL8.

Circuit équivalent

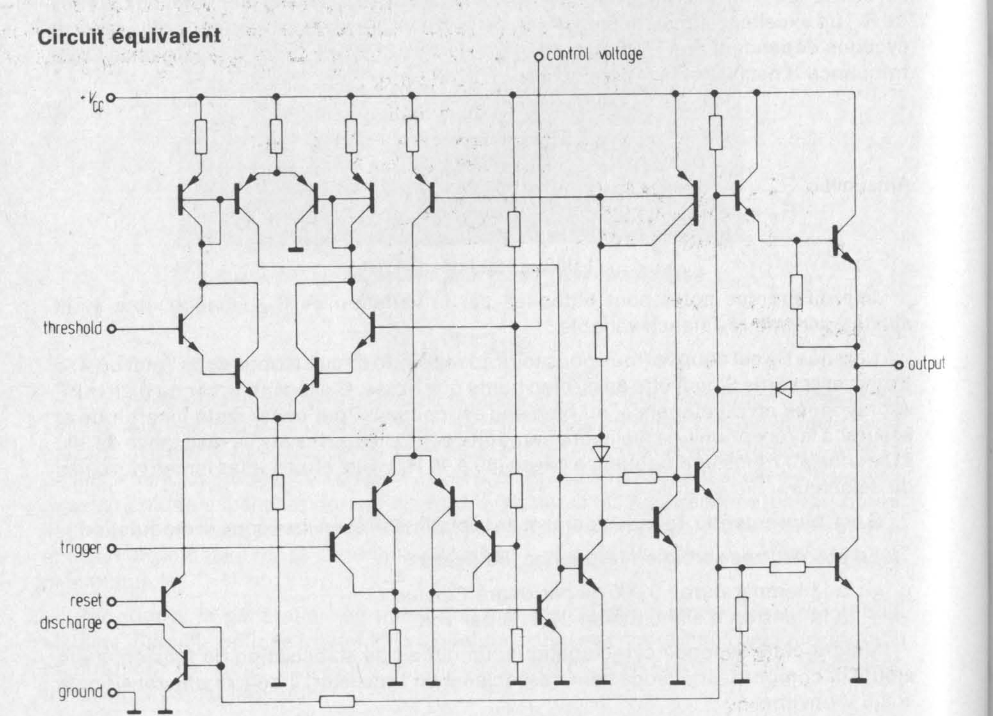


Fig. VI-6. — Schéma interne du 555.

Block diagram

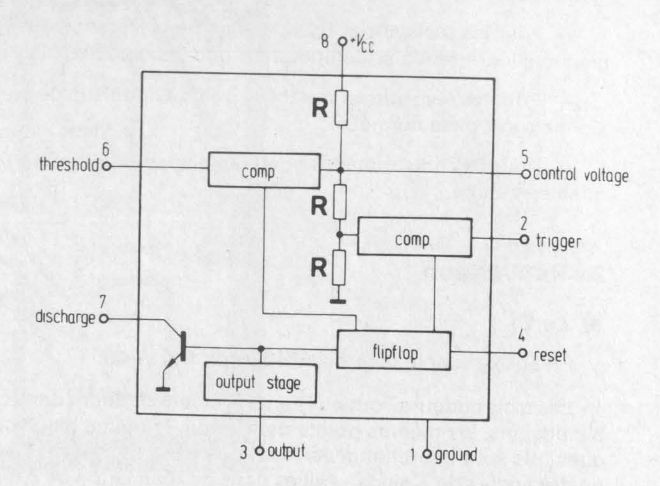
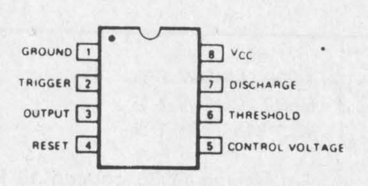


Fig. VI-7. — Diagramme du 555.



8-PIN DIP

Fig. VI-8. — Brochage du 555.

Variation de la capacité réversible $\frac{\Delta C}{C}$
en fonction de la température
à 800 Hz (valeur indicative)

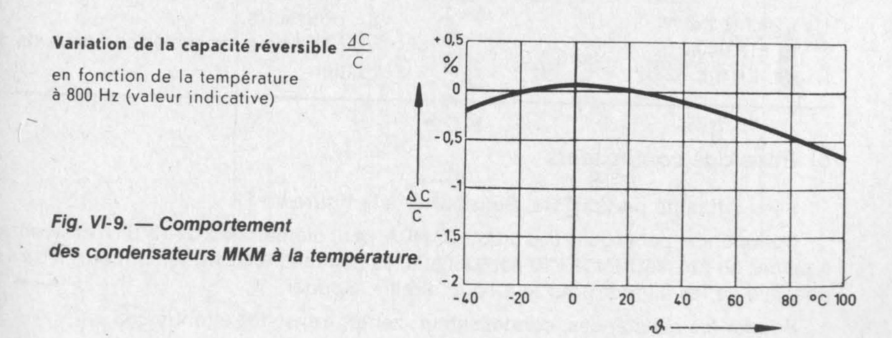


Fig. VI-9. — Comportement des condensateurs MKM à la température.

La stabilité finale dépend des composants R_A, R_B et C :

— Pour les résistances fixes, utiliser de préférence des modèles à 1 %, ayant une bien meilleure tenue en température que les modèles classiques (type 50 ppm).

— Pour les résistances variables, il serait opportun de prendre des modèles professionnels sur piste cermet.

— Pour C, choisir un MKM de Siemens dont la figure VI-9, nous montre la remarquable stabilité.

2. Réalisation

a) Le CI

En époxy simple face de 15/10. (Voir fig. VI-10.)

Les trois codeurs Tout ou Rien de l'émetteur décrit dans ce chapitre, ont les mêmes dimensions, les mêmes points de fixation, le même emplacement des sorties électriques : ils sont interchangeables en quelques secondes. Ces trois CI sont munis, aux quatre angles de « pieds » taillés dans du tube laiton de 3 mm, soudés côté cuivre. La pose du codeur se faisant par l'extérieur du boîtier, à l'aide de petites vis à tôle forcées dans les tubes.

b) Liste des composants

1 NE555 Signetics ou Intersil ou LM555CN de National ou SN72555 de Texas ou TDB0555B de Siemens
1 BC238B
1 Zener 9,1 V

1 10 nF GFO 12 V
1 0,1 µF GFO 12 V
1 0,1 µF MKM 100 V (C)

1 1 200 Ω 1/4 W
2 10 kΩ 1/4 W
1 390 kΩ 1/4 W

1 1 000 Ω 1/4 W 1 %
3 5 620 Ω 1/4 W 1 %
1 12,1 kΩ 1/4 W 1 %

8 Pot/Aj type EO86 couché 10 kΩ à piste cermet (si possible)

12 picots genre DM40A avec cosse correspondante (Y173)
1 clé Reuter à 2 positions
8 poussoirs
Voir TF1 pour les autres composants du boîtier.

c) Pose des composants

Sans difficulté particulière. Se reporter à la figure VI-11.

Commencer par la pose des picots DM40A. Leur diamètre est de 13/10. Il y a avantage à percer un peu serrant (12/10 par ex.) et à les emmancher à frottement dur. Il devient possible de les aligner pour le « coup d'œil ». Souder.

Souder les résistances, condensateur, zener, transistor et enfin 555.

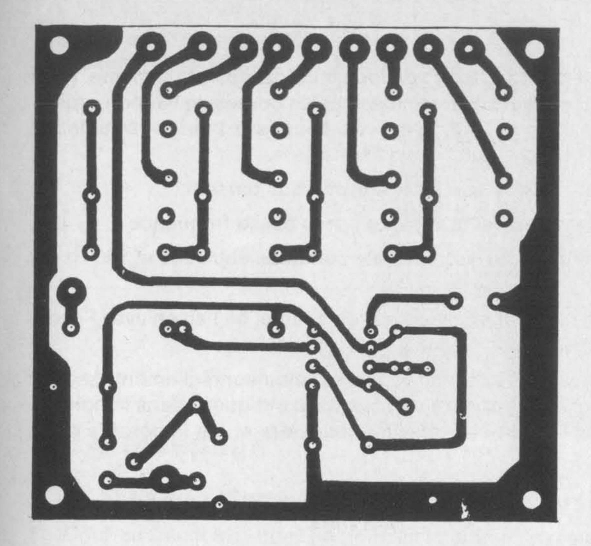


Fig. VI-10. — *CI du codeur lames vibrantes.*

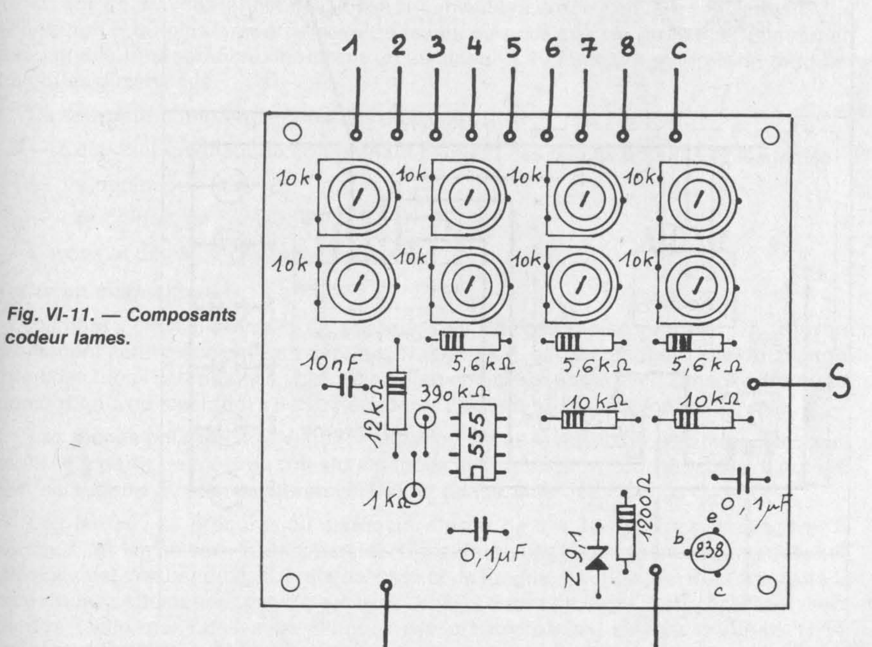


Fig. VI-11. — *Composants codeur lames.*

d) *Mise en service*

Le câblage de base de l'émetteur des trois versions multicanaux est le même. (Voir fig. VI-12.) Les fils de liaison au codeur sont terminés par les cosses de fixation rapide. Protéger les départs de fils par un petit morceau de souplisso thermo-rétractable. Installer le codeur dans le boîtier et assurer les liaisons.

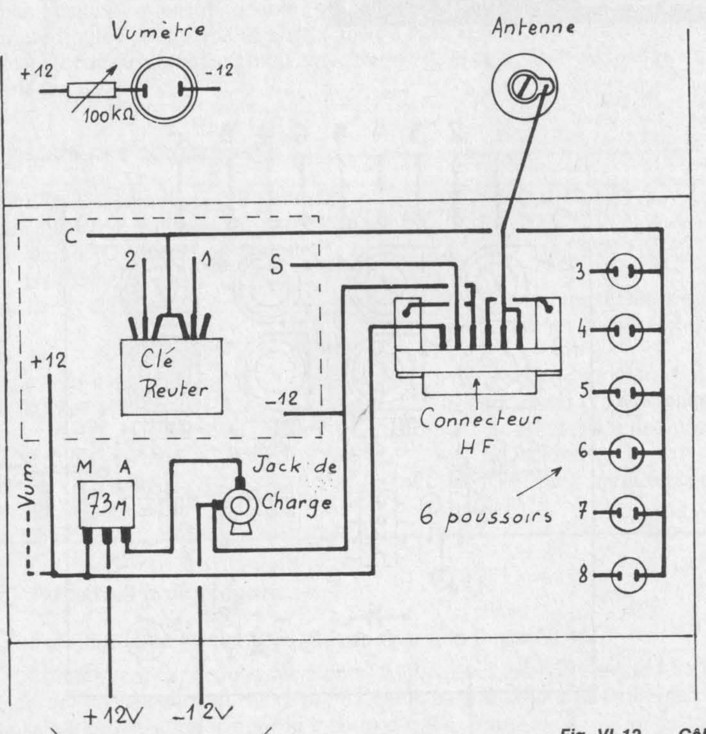
Connecter l'oscilloscope entre S et la masse. Mettre sous tension.

Au repos, doit apparaître le signal rectangulaire à très basse fréquence.

En appuyant sur chaque poussoir ou clé, une note comprise entre 200 et 500 Hz est engendrée.

Enficher la platine HF... puis vérifier au mesureur de champ, en liaison avec l'oscilloscope que le signal est correctement rayonné. (Voir HF...)

Le calage des notes ne peut se faire que par rapport au sélecteur réellement associé. Pour l'alimentation, on adoptera l'une des trois possibilités indiquées dans la nomenclature des composants du TF1,selon ses moyens financiers et les impératifs de la liaison.



2 Batteries 6V/250 à 500mA/h
A la rigueur : 3 piles 4,5V Gnoma

Fig. VI-12. — Câblage de base de l'émetteur universel.



Photo VI-D. — Un exemple de sélecteur à 10 lames.

II. La réception

1. Réalisation d'un sélecteur à lames vibrantes

Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, la réalisation de cette pièce n'est pas très délicate. Nous donnons ci-dessous un exemple concernant un sélecteur à 5/6 lames que nous avons longtemps utilisé sur un bateau, à notre entière satisfaction. Une adaptation à un plus grand nombre de lames ne pose pas de problème, comme en témoigne la photographie, montrant un sélecteur à 10 lames. Il suffirait de modifier quelques dimensions.

Le sélecteur comprend les parties suivantes :

— Le circuit magnétique comprenant l'aimant, les pièces polaires et les lames.

— Le bobinage.

— Les pointes de contact.

Voyons le détail de ces constituants :

1. Circuit magnétique :

L'aimant : C'est un aimant de piège à ions Philips, ancien modèle. On trouvera facilement cette pièce chez un dépanneur télévision, qui les récupère lors du changement des tubes cathodiques. Attention : bien choisir un piège avec aimant cylindrique percé d'un trou axial (fig. VI-13). Récupérer l'aimant et son boulon de 2,5 mm.

Les pièces polaires (fig. VI-13) : l'une A constitue le noyau du bobinage : elle sera réalisée à partir de tôles de transfo amenées aux dimensions convenables. L'autre B sert de support aux lames vibrantes. Veiller à la netteté des champs C_1 et C_2.

Les lames : se procurer du clinquant d'acier de 8 à 10/100. Ne pas exagérer la minceur, les lames devenant trop frêles. Découper aux ciseaux (pendant une absence de madame) une bande de 2,2 mm de large et de longueur suffisante. Puis amener à la lime douce cette bande (par éléments de 5 cm) à 2 mm de large. Cette opération sera rendue facile, par l'utilisation d'une petite presse réalisée suivant la figure VI-14. Préparer ainsi le nombre de lames nécessaires en prévoyant largement leur longueur (25 mm). Les lames sont fixées sur la pièce B par soudure à l'étain. Préparer le montage

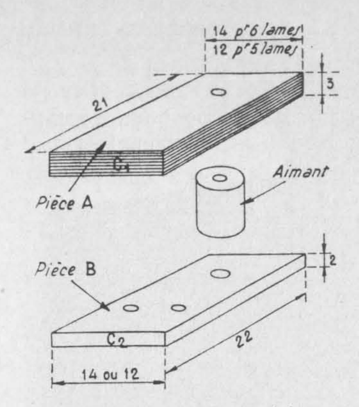


Fig. VI-13. — Les pièces polaires.

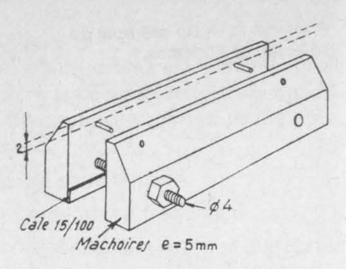


Fig. VI-14. — Presse à lames.

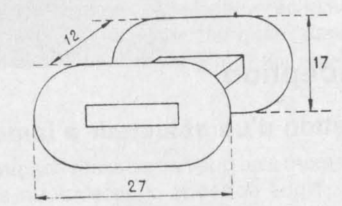


Fig. VI-16. — Carcasse de la bobine.

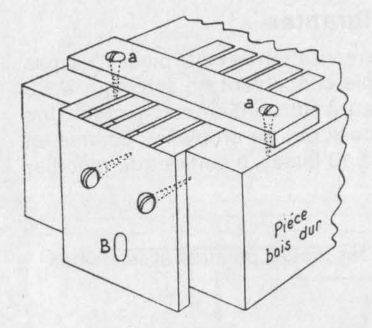


Fig. VI-15. — Soudure des lames sur B.

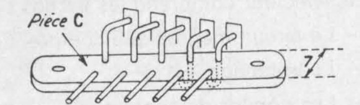


Fig. VI-17. — Détail du support des points fixes.

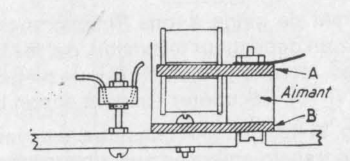


Fig. VI-18. — Coupe du sélecteur monté.

de la figure VI-15. Disposer soigneusement les lames, les bloquer grâce à **a**. Placer la pièce B et la serrer. Le tout étant immobilisé, il reste à souder. Il faudra utiliser un **minimum** de soudure (pièce B préalablement étamée, fer très chaud). Il ne faut surtout pas de coulées de soudure entre les lames et dans l'angle lames. Pièce B : gratter au besoin. Un décapant peut faciliter le travail, mais il faudra nettoyer énergiquement. Le travail terminé, la soudure doit être quasi invisible.

2. Bobinage (fig. VI-16) : enrouler serré sur la pièce A, plusieurs tours de papier kraft gommé (voir libraire) préalablement mouillé. Laisser sécher. Préparer 2 joues en carton mince très raide ou en bakélite 5/10. Le noyau étant sec, le sortir de A et couper avec précision (lame de rasoir) à la longueur voulue. Veiller à l'équerre des coupes. Enfiler ce noyau sur une tige filetée de 3 mm bien droite. Disposer les joues. Serrer le tout entre 2 plaquettes de bakélite 2 mm (30 × 20 mm). Régler pour que l'ensemble **tourne parfaitement rond** (noyau, joues, plaquettes). La réussite du bobinage est à ce prix. Coller les joues à l'intérieur à la colle cellulosique. Prévoir 2 paliers pour la tige, une manivelle, un compteur (c'est bien utile) et remplir la bobine de fil émaillé 10/100. Décaper le départ du fil (2 à 3 cm) avec du papier abrasif très fin, **avant** de commencer l'enroulement. (Trop dangereux à la fin). La bobine remplie, recouvrir de 2 ou 3 couches de Scotch de couleur. Préparer 2 lamelles de clinquant (large de 3 mm) de cuivre (écran statique de transfo d'alimentation grillé). Y souder les 2 sorties. Disposer les cosses ainsi constituées et les faire tenir par 2 ou 3 nouveaux tours de Scotch.

3. Montage du sélecteur : monter la bobine sur la pièce A. Assembler avec B et l'aimant grâce au boulon de 2,5 mm. Disposer sous l'écrou une cosse à souder (voir fig. VI-18). Régler l'entrefer aux environs de 8 à 10/10 mm. Aligner les lames par torsion à la base.

4. Réglage des notes : brancher un casque 4 000 Ω sur la bobine du sélecteur. En pinçant une lame un courant s'induit dans le bobinage et on entend dans l'écouteur la note correspondante. Couper petit à petit une des lames extrêmes jusqu'à obtenir un **Si**$_3$, en utilisant un piano (ou un autre instrument bien accordé) comme référence. Cette lame sera la plus courte. Couper les autres lames pour obtenir :

la$_3$, sol$_3$, fa$_3$, ré$_3$#, do$_3$# (avec 6 lames).

Les notes seront donc séparées d'un ton musical. Les fréquences correspondantes seront :

494 Hz, 440 Hz, 392 Hz, 350 Hz, 312 Hz, 278 Hz.

Dans le cas d'un nombre plus grand de lames, il serait nécessaire de diminuer les écarts, pour loger les notes à l'intérieur d'une octave.

5. Pointes de contact : elles sont réalisées en fil d'argent 10/10. Préparer la pièce C en plexiglas 3 mm. Confectionner des U avec le fil d'argent et en chauffant l'arc du U avec un fer à souder, les enfoncer à fond dans les trous 10/10 préalablement percés (essayer de trouver une mèche très légèrement plus faible que le fil (∅) ou inversement. Espacer les 6 poses, pour laisser le plexiglass se refroidir. Replier d'un côté (pour branchement) et former l'autre extrémité selon la figure VI-17. Couper parallèlement à la pièce C et poncer simultanément les pointes en arc sur du papier abrasif posé sur une surface plane.

La pièce C est supportée par 2 boulons de 2,5 mm et bloquée sur le support général du récepteur, comme l'ensemble du circuit magnétique (fig. VI-18). L'intervalle pointes-lames est à régler aux environs de 2/10 mm. Prévoir à cet effet des trous oblongs sur la plaque de base. Corriger les petits écarts par déformation du fil d'Ag. Le point de contact se fait à 2,5 mm de l'extrémité de la lame.

Tous ces réglages ne sont pas très critiques et il ne s'agit en aucune façon de 1/100 de mm comme l'affirmait quelqu'un.

On pourrait s'étonner de l'utilisation des lames d'acier sans grains de contact, ni argenture des extrémités. C'est pourtant ainsi que notre sélecteur a été utilisé, pendant plusieurs années. Vous pouvez cependant, si vous en avez la possibilité, faire argenter, voire dorer vos lames. Une solution simple : étamer avec adresse les extrémités des lames en ne déposant qu'une fine pellicule d'étain.

2. Utilisation

a) *Avec RX1*

Liaison entre les deux 741 : 47 nF + 56 kΩ.

Le sélecteur est branché entre les plots S1 et S2 de la sortie. Un condensateur est placé sur RX1, à la place de la 2 700 Ω, pour amener le bobinage du sélecteur, à la résonance, dans sa plage de fonctionnement normal. La valeur est à déterminer expérimentalement, en essayant d'obtenir la meilleure amplitude, à l'oscilloscope, sur les différentes fréquences. Un compromis est à adopter. Sur notre sélecteur, était ainsi monté un 0,47 μF.

Le potentiomètre de 470 Ω est à régler pour un maximum de portée.

b) *Avec tous les autres récepteurs (sauf RX3)*

L'étage de sortie de RX1 doit être adopté en intermédiaire. Le condensateur de liaison faisant partie de RX et la résistance de 56 kΩ du comparateur. (Voir fig. VI-19.)

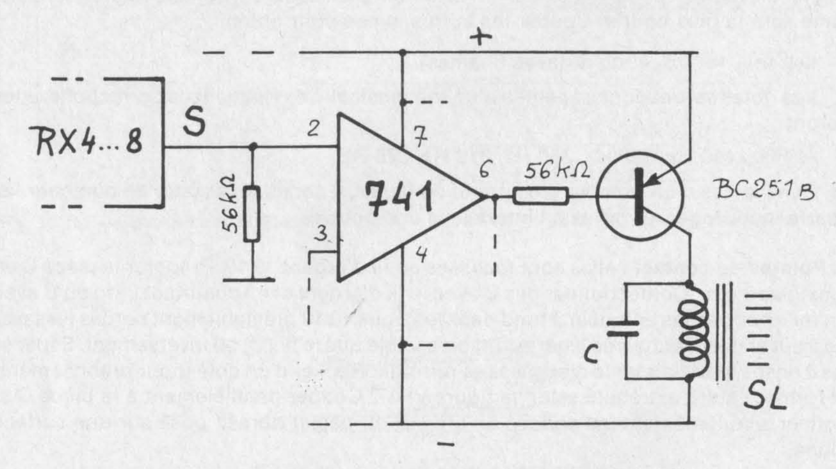


Fig. VI-19. — Adaptation d'un sélecteur à lames aux RX4 à RX8.

c) *Réglage des notes*

Mettre l'ensemble TX, RX en marche et amener chaque lame en vibration par réglage de la note correspondante de l'émetteur. Une écoute parallèle de ces notes est utile, car elle précise le sens des variations.

A la vibration, la lame en touchant la pointe de contact, produit un son caractéristique. Ne pas se régler au maximum de ce son, car après une interruption de la note, la vibration ne reprendrait pas. Le bon réglage est celui qui, donnant un son aussi clair que possible, assure un démarrage immédiat de la vibration, à chaque action sur le poussoir.

d) *Les relais secondaires*

Le contact de la lame contre la pointe ne peut être utilisé directement. On s'en sert donc, pour actionner un relais secondaire, lequel commandera les servo-mécanismes.

Le schéma retenu est donné en figure VI-20. Le condensateur se charge à travers la résistance à chaque contact. La tension de charge est appliquée sur la base du transistor et le rend conducteur : le relais colle. L'intensité traversant le contact vibrant est faible : le contact ne produit pas d'étincelles. Il y a, dans ces conditions, garantie d'un grand nombre de manœuvres, sans risque de contact défectueux. On doit monter ce circuit élémentaire, autant de fois qu'il y a de lames. Le dessin du CI n'est pas donné. Le réalisateur pourra ainsi grouper le nombre de canaux qui conviennent le mieux à l'usage qu'il prévoit.

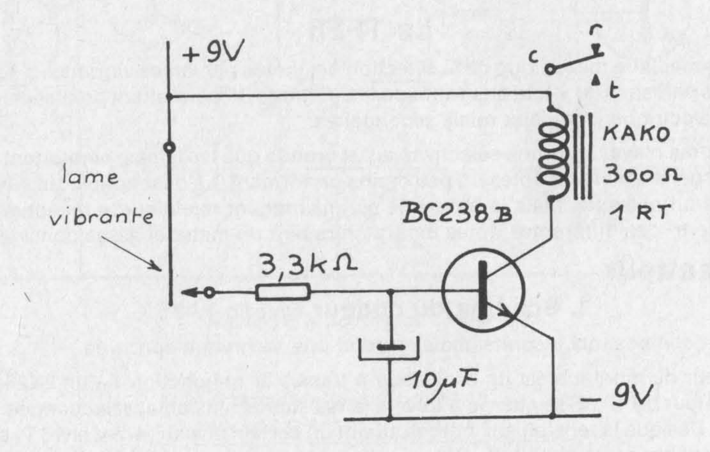


Fig. VI-20. — Commande d'un relais par lame vibrante.

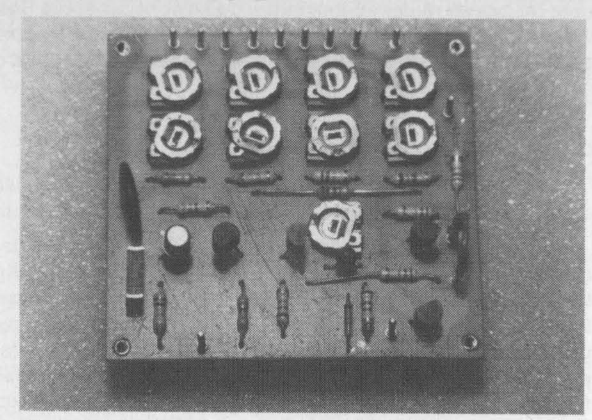


Photo VI-E. — Le codeur pour filtres BF du TFF8.

Le TFF8

L'intermédiaire mécanique de la sélection des notes par lames vibrantes a souvent rebuté les partisans du « tout électronique ». Les filtres BF permettent précisément une solution électrique jusqu'aux relais secondaires.

Les filtres n'ayant pas une sélectivité aussi grande que les lames, permettent l'utilisation de générateurs de notes un peu moins performant. La description qui suit nous en donne un exemple. Mais le problème est maintenant rejeté sur la réception pour laquelle le tri des différentes notes mettra en œuvre un matériel assez considérable.

I. L'émetteur

1. Schéma du codeur (voir fig. IV-21)

Il est à composants discrets, mais reprend une technique éprouvée.

Le cœur du montage est un oscillateur à transistor unijonction T_1, un 2N2646. Le condensateur de 47 nF se charge à travers la résistance ajustable, sélectionnée par le poussoir. Dès que la tension aux bornes atteint un certain niveau (+ 7 V env.) T_1 se met brutalement en court-circuit et décharge le condensateur, permettant le démarrage d'un nouveau cycle. La tension obtenue en e est en forme de dents de scie et d'excellente stabilité de fréquence.

Cette tension est prélevée, à haute impédance par T_2, monté en collecteur commun, puis appliquée à un écrêteur T_3, dont l'émetteur est à un potentiel variable, de manière à sortir un signal rectangulaire de rapport cyclique égal à 1. (Voir fig. VI-22.)

T_2 évite une réaction de ce réglage sur la fréquence.

La sortie peut se faire sur $\overline{S}$ ou après inversion sur S.

- Si m de la platine HF est connecté à $\overline{S}$, la HF est rayonnée au repos car $\overline{S}$ est au niveau haut. (Voir fig. VI-22.)

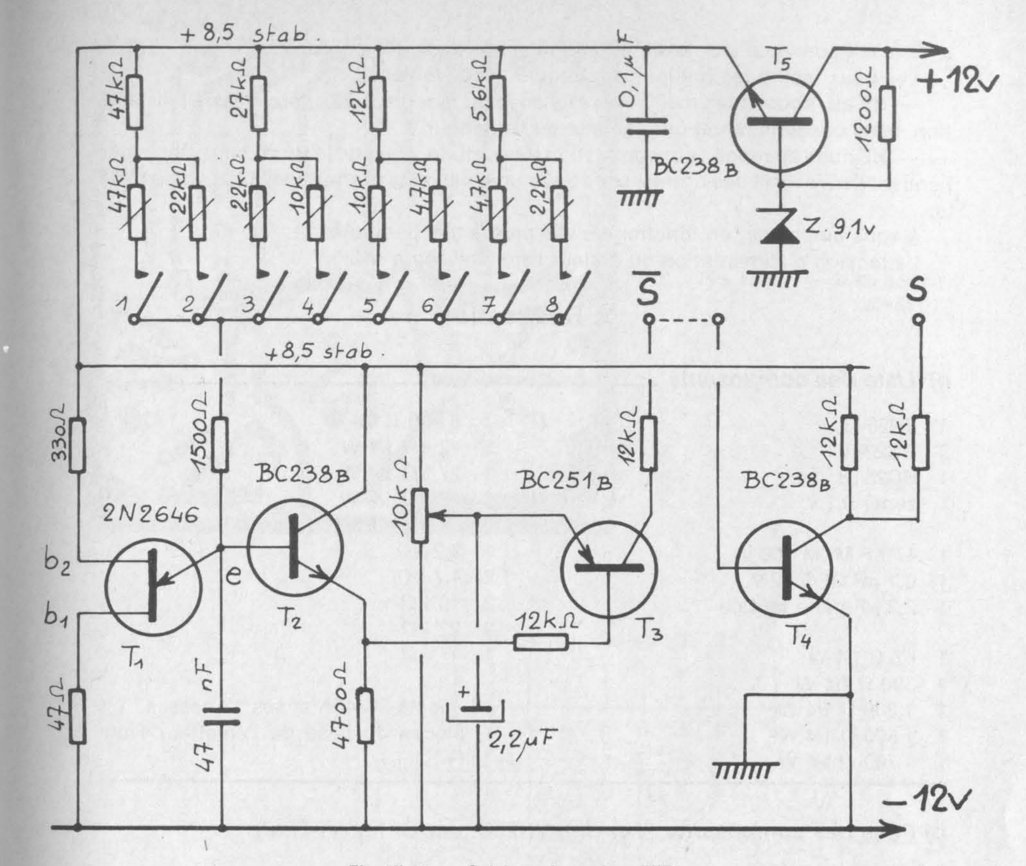


Fig. VI-21. — Schéma du codeur TFF8.

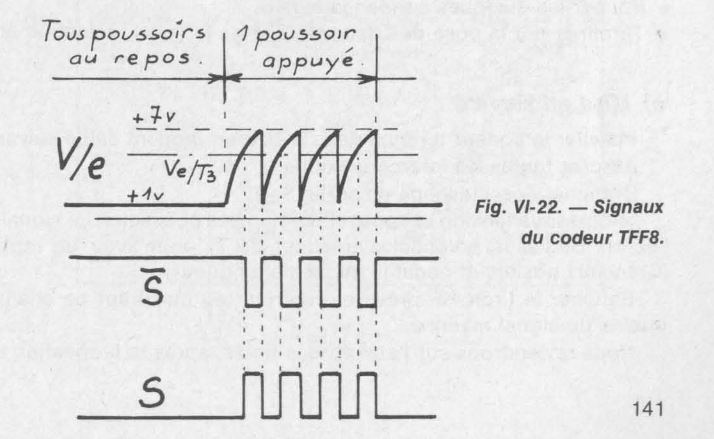


Fig. VI-22. — Signaux du codeur TFF8.

• Si m est connecté à S, la HF est bloquée au repos des poussoirs.

Les deux méthodes ont leur avantage et inconvénient :

— HF au repos : bien meilleure résistance du récepteur aux parasites de l'installation, mais consommation permanente de l'émetteur.

— HF nulle au repos : consommation très réduite, puisque la HF ne consomme que pendant l'envoi bref des ordres, par contre une bien plus grande sensiblité aux parasites.

A vous de choisir, en fonction de vos problèmes particuliers !

La tension d'alimentation du codeur est stabilisée à + 8,5 V.

2. Réalisation

a) Liste des composants

1 2N2646
3 BC238B
1 BC251B
1 zener 9,1 V

1 47 nF MKM 100 V
1 0,1 µF GFO 12 V
1 2,2 µF perle tantale

1 47 Ω 1/4 W
1 330 Ω 1/4 W
1 1 200 Ω 1/4 W
1 1 500 Ω 1/4 W
1 4 700 Ω 1/4 W

1 5 600 Ω 1/4 W
5 12 kΩ 1/4 W
1 27 kΩ 1/4 W
1 47 kΩ 1/4 W

Pot/Aj type E086 couchés
1 2,2 kΩ
2 4,7 kΩ
3 10 kΩ
2 22 kΩ
1 47 kΩ

13 picots DM40A et ses 13 cosses.
+ pièces de base de l'émetteur (voir TF1)

b) Pose des composants (Voir fig. VI-23b. sur CI fig. VI-23a.)

• Souder les picots.
• Placer les résistances ajustables et les résistances fixes, bien à plat.
• Souder les quelques condensateurs.
• Terminer par la pose des transistors et de la zener. Attention au brochage.

c) Mise en service

Installer le codeur terminé dans le boîtier, dûment câblé suivant la figure VI-12.

Assurer toutes les interconnexions.

Brancher l'oscilloscope en sortie S.

Mettre sous tension et appuyer sur l'un des poussoirs. Le signal doit apparaître sur l'écran. Régler le potentiel d'émetteur de T_3 pour avoir un rapport cyclique de 1. (Créneaux positifs et négatifs de même longueur).

Enficher le tiroir HF prévu et contrôler au mesureur de champ/oscillo, la bonne qualité du signal rayonné.

Nous reviendrons sur l'accord des notes, après la fabrication des filtres BF.

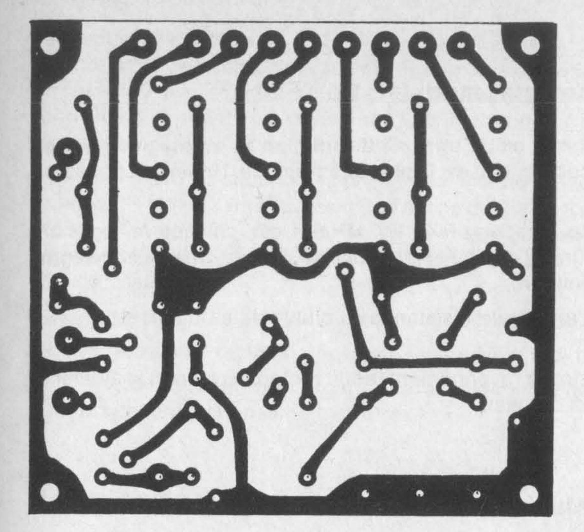


Fig. VI-23a. — CI du codeur filtres BF.

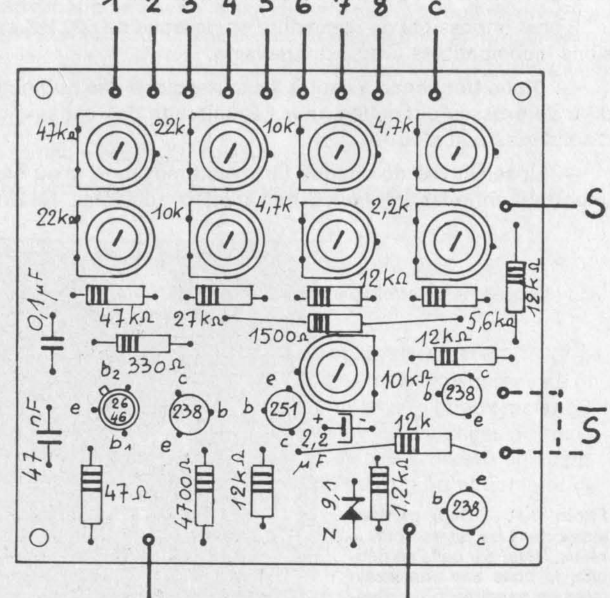


Fig. VI-23b. — Composants codeur filtres.

II. La réception

1. Monocanal modulé : Le TFF1

L'ensemble TFF1 est monocanal en HF pure. Cette solution a l'avantage de ne pas nécessiter de codeur, ni de décodeur, elle est la plus économique. Un revers, pourtant, sa sensibilité aux parasites.

A l'aide du récepteur à superréaction RX3 (27 MHz) il est, par contre, possible d'établir une liaison bien plus sûre : il suffit d'émettre une seule note de fréquence égale à celle du filtre BF (1 000 Hz environ).

Le codeur ne comporte qu'une seule résistance ajustable et le boîtier, qu'un seul poussoir.

Mettre l'ensemble sous tension, à rayonnement réduit (antenne rentrée) et ajuster la note pour une réponse franche du relais.

2. Multicanaux : Le TFF8

A l'époque de leur gloire, les filtres BF étaient tous du type LC, c'est-à-dire exactement comme celui du RX3. Cette technique était la seule possible : on n'avait donc pas le choix. Pourtant de sérieux inconvénients existaient :

Il était impossible de descendre en dessous de 500 Hz, sans aboutir à des dimensions incompatibles avec le modélisme.

— D'une fréquence à l'autre les surtensions des bobinages étaient fort variables, d'où de grosses difficultés pour l'équilibrage des canaux, certains demandant plus d'amplitude que d'autres.

— La sélectivité de chaque filtre était moyenne, d'où nécessité d'un écart assez important entre les fréquences des canaux adjacents. Ne pouvant pas descendre en

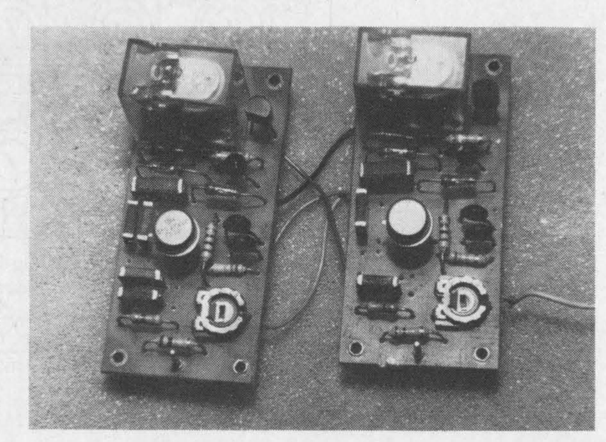


Photo VI-F. — Deux platines supportant les filtres actifs à relais. Noter sur celle de gauche, la pose des condensateurs en parallèle, pour obtenir une valeur de C peu courante.

fréquence (voir ci-dessus)... il fallait monter ! Mais, ni la superréaction, ni les superhétérodynes à bande étroite, ne laissaient passer plus de 4 à 5 kHz. C'était la « quadrature du cercle » dès que le nombre des canaux dépassait 6. Tous ces éléments ont fortement contribué à un abandon rapide de cette technologie, pourtant très prometteuse au départ.

Aujourd'hui, la situation n'est plus la même, car depuis quelques années sont apparus les fameux Am/Op, que nous avons déjà eu l'occasion d'utiliser. (Mesureur de champ, RX1 et RX2.) Or, ces Am/Op permettent de réaliser non plus des filtres LC passifs, mais des filtres RC **actifs** et la situation se renverse entièrement, car le réalisateur est maître :

- Du coefficient de surtension de son circuit, donc de la sélectivité.
- De la fréquence minimale possible : il est ainsi très facile de descendre à 200 Hz.

C'est sous cet angle inédit, dans une réalisation **réelle** de radiocommande, que nous vous proposons cet ensemble à filtres.

a) Schéma du filtre actif

Le schéma retenu (fig. VI-24) n'est certes pas le plus performant, mais il a le mérite d'une très grande simplicité : il est bâti autour du fameux 741 déjà utilisé. Nous n'entrerons pas dans le détail de l'analyse du fonctionnement qui est complexe et dont l'explication est surtout mathématique. Sachons simplement que le circuit résonne sur une fréquence dépendant de la valeur commune des condensateurs C et de celle de la résistance de retour à la masse. La figure VI-25 donne la variation de cette fréquence de résonance, en fonction de C. (La 220 Ω à mi-course).

Le même montage s'adapte parfaitement, on le voit, de 3 kHz à 200 Hz.

Le jeu de la résistance variable est de 20 % environ.

Ainsi, sur un exemplaire, nous avons relevé les fréquences suivantes :

- avec R = 0, 700 Hz
- avec R = 220 Ω, 550 Hz pour C = 10 nF

Le calage de fréquence de chaque filtre est donc aisé, ce qui était loin d'être le cas avec les filtres LC.

Le coefficient de surtension du montage, mesuré sur un échantillon est de 7,5. (Voir fig. VI-26.) Le gain en tension à la résonance de 5. La tension d'entrée nécessaire à un déclenchement correct du relais est de 1 V crête à crête minimum en signaux rectangulaires. Il est préférable de ne pas dépasser 3 à 4 V, pour éviter les mélanges de voies. Comme le signal fourni par les récepteurs sera écrêté et délivré à niveau constant, aucun problème n'apparaîtra de ce côté, à condition de prévoir un potentiomètre de réglage du niveau d'attaque.

La tension alternative de sortie du 741 est redressée en double alternance par les deux OA95, le redresseur étant du type doubleur de tension. La tension continue redressée est filtrée par le 2,2 μF, puis appliquée sur la base d'un BC238B, qui conduit lorsque le 741 est à la résonance : le relais colle. En dehors de cette résonance, la tension de sortie du 741 étant insuffisante, le relais reste au repos.

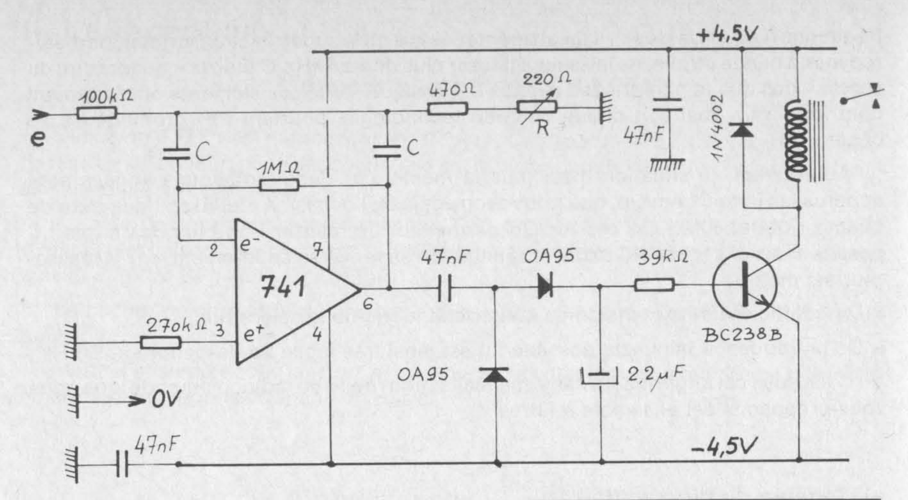


Fig. VI-24. — Schéma du filtre BF actif.

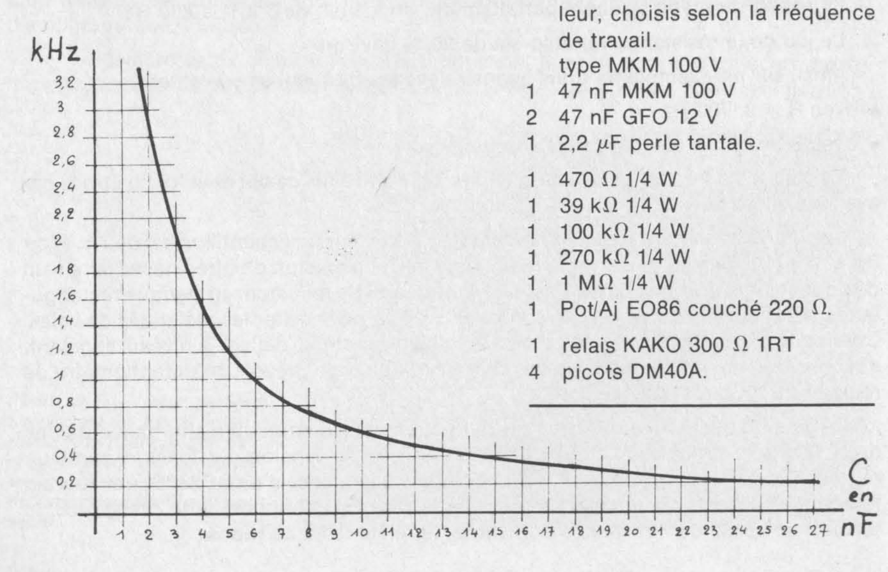


Fig. VI-25. — Fréquence de résonance en fonction de C.

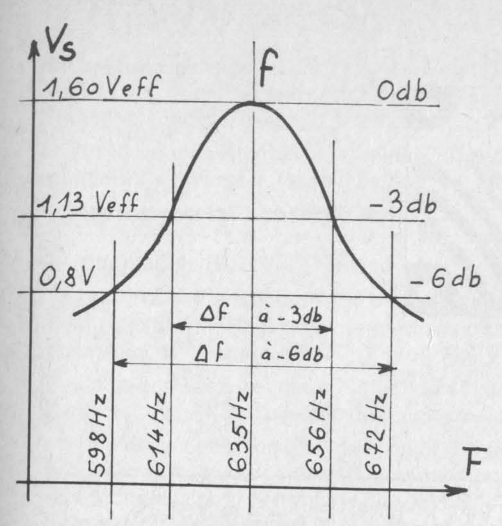
b) Liste des composants
(pour 1 filtre)

1 LM741CH
2 OA95
1 BC238B
1 1N4002

2 condensateurs C de même valeur, choisis selon la fréquence de travail.
type MKM 100 V
1 47 nF MKM 100 V
2 47 nF GFO 12 V
1 2,2 µF perle tantale.

1 470 Ω 1/4 W
1 39 kΩ 1/4 W
1 100 kΩ 1/4 W
1 270 kΩ 1/4 W
1 1 MΩ 1/4 W
1 Pot/Aj EO86 couché 220 Ω.

1 relais KAKO 300 Ω 1RT
4 picots DM40A.



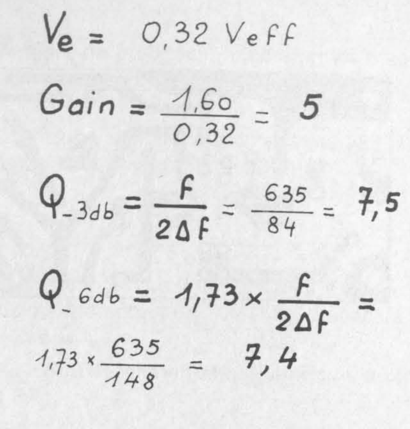


Fig. VI-26. — Résultats de mesure sur un filtre actif. N.B. Avec le rapport de 1,4 adopté, les fréquences voisines seraient : 453 Hz et 890 Hz.

c) Réalisation

— **Le CI.** (Fig. VI-27.) En époxy simple face de 15/10. Quatre pieds de laiton de 1 cm sont à souder aux angles. Le circuit a été dessiné pour pouvoir recevoir pour chaque condensateur C, deux capacités en parallèle, soit au pas de 7,5 mm, soit au pas de 10 mm. Ainsi toutes les valeurs sont réalisables. Par exemple, un 15 nF mis en parallèle avec un 1 nF donne une valeur de 16 nF, introuvable seule.

— **Pose des composants** (suivre la fig. VI-28.)

Rien de spécial à indiquer. Les contacts des relais sont disponibles sur trois picots, l'entrée sur un autre. Les fils d'alimentation sont soudés, côté cuivre.

— **Réglage**

Un phénomène curieux apparaît aux essais du montage. Alors que les filtres LC étaient sensibles à tous les harmoniques de la note principale, notre montage ne réagit qu'aux harmoniques **impairs** (3, 5, 7...). En particulier, l'harmonique 2, de loin le plus puissant, est sans effet. Cela simplifie considérablement la répartition des fréquences des huit canaux. Partant du principe que nous ne dépassons pas 2000 Hz (car au-delà de cette fréquence, il y a mauvaise transmission) nous allons adopter un rapport de 1,4 entre les fréquences des canaux adjacents : ce qui donne :

2 000 Hz, 1 428 Hz, 1 020 Hz, 728 Hz, 520 Hz, 371 Hz, 265 Hz, 192 Hz.

Se reporter à la courbe de la figure VI-25 pour le choix de la valeur C.

Le calage exact ne peut malheureusement se faire facilement que si on dispose d'un générateur BF (le TBF 1 est parfait pour ce travail) et si possible d'un fréquencemètre numérique associé, car il est impossible de discerner sur la graduation du générateur

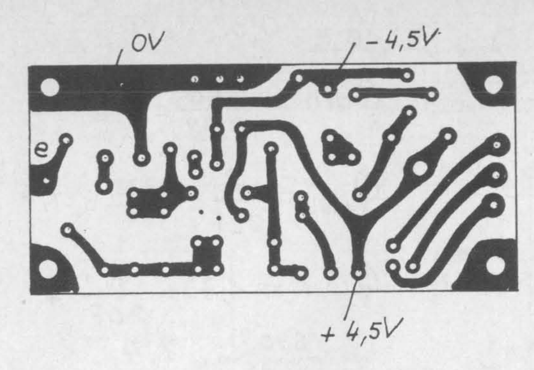


Fig. VI-27. — CI d'un filtre actif.

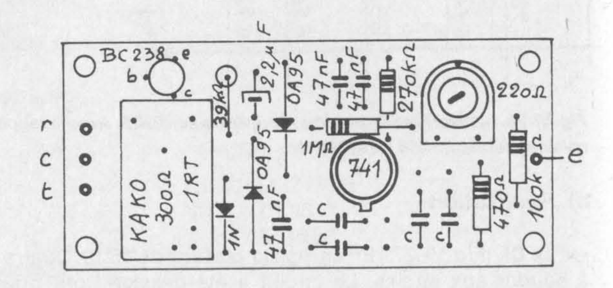


Fig. VI-28. — Composants du filtre actif.

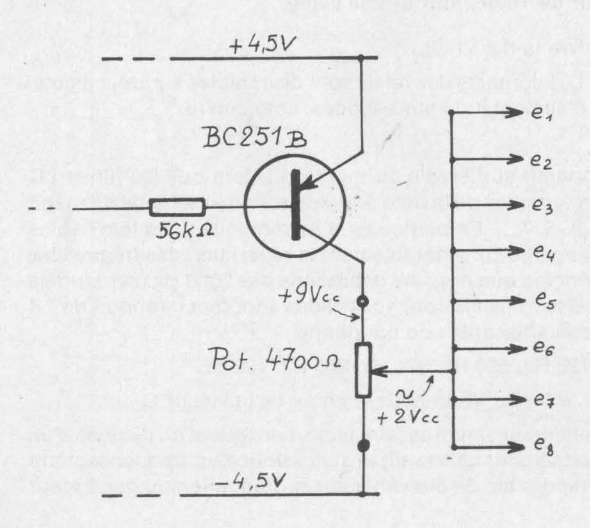


Fig. VI-29. — Adaptation RX1 - entrées filtres BF.

les fréquences exactes désirées, avec suffisamment de précision. Injecter entre e et masse, un signal rectangulaire (comme ce sera le cas en utilisation normale) à la fréquence choisie. Niveau 1 à 2 Vcc.

Si le condensateur C a la valeur convenable, une simple retouche de la 220 Ω permettra d'obtenir la résonance précise. Sinon, il faudra modifier légèrement C.

Caler ainsi tous les filtres prévus.

— Adaptation

Avec RX 1. L'adaptation est directe. Relier ensemble toutes les entrées e et les connecter à S1 de RX1, par l'intermédiaire d'un potentiomètre de 4 700 Ω remplaçant la résistance de charge de 2 700 Ω. (Voir Fig. VI-29.)

La liaison entre les deux 741 est de 47 nF + 56 kΩ. L'alimentation commune aux filtres est de ± 4,5 V, elle alimente également RX1.

Régler le potentiomètre de manière à avoir 2 Vcc environ sur les entrées e et procéder au réglage de toutes les notes de l'émetteur, par observation directe des relais, doublée pour un réglage plus fin de l'observation de la tension développée aux bornes du 2,2 μF de l'étage filtre, en cours de calage. La fréquence est optimale lorsque cette tension est maximale.

Avec RX2. L'adaptation est également directe. Alimentation commune ± 4,5 V. Utilisation du même potentiomètre en remplacement de la 2 700 Ω de S.

Avec RX4 à RX8. Il est nécessaire de monter l'étage d'adaptation déjà utilisé pour les lames vibrantes. (Voir fig. VI-19.) Remplacer le sélecteur par un potentiomètre de 4 700 Ω pour alimenter les entrées e. L'alimentation se fait avec 2 fois 4,5 V. Comme ci-dessus, régler d'abord le signal sur les entrées e à 2 Vcc, par le potentiomètre, puis caler les notes de l'émetteur.

D. Ensemble multicanaux numérique

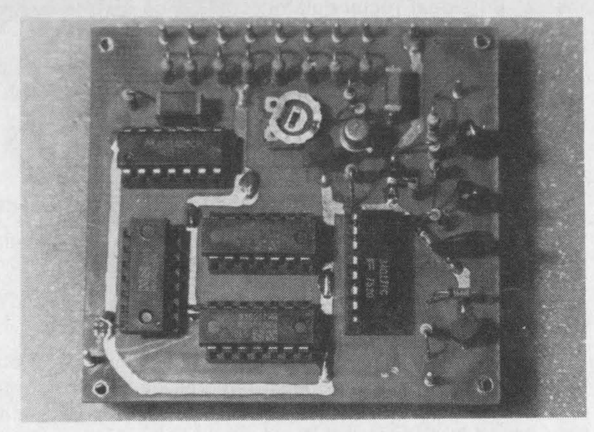


Photo VI-G. — Le codeur pour système numérique du TFN8.

Le TFN8

Le dernier ensemble que nous allons vous proposer est absolument inédit. Sa technologie est ultra-moderne : elle fait appel aux composants les plus récents et concilie le principe des ensembles digitaux et celui des Tout ou Rien.

Quand on sait, que de nombreux possesseurs d'ensembles proportionnels digitaux, utilisent des « boîtes à relais » pour assurer certaines fonctions, non proportionnelles, on saisit tout l'intérêt du principe retenu.

Ajoutons à cela, que la technologie choisie, assure une excellente protection contre les parasites, si redoutables en régime d'impulsions.

Enfin, si le qualificatif « **digital** » est appliqué à tort aux ensembles RC de ce nom, il s'appliquerait par contre à 100 %, au TFN8, pour lequel nous avons retenu la traduction de ce mot, d'origine anglo-saxonne : **numérique.**

(Digit = chiffre)

Le principe du système est très ancien (dans l'histoire de la RC !) et très actuel : au récepteur, 8 relais ; le premier répondant à 1 impulsion, le second à 2 impulsions, le troisième à 3 impulsions... le huitième à 8 impulsions.

A l'émission, en appuyant sur le poussoir n° 5, par exemple, 5 impulsions sont générées et répétées aussi longtemps que dure l'appui.

Il s'agit donc du très primitif système de comptage dont nous avons parlé, dans les premiers chapitres de cet ouvrage, mais il s'agit aussi... du téléphone automatique avec clavier à touches, dont les abonnés du téléphone, profiteront peut-être dans... quelques années.

Au repos, le train d'impulsions est **continu,** ce qui bloque le décodeur à zéro. Plus il y a d'impulsions, plus le blocage est énergique : une pluie de parasites renforce ce blocage. Il ne peut pas y avoir réponse intempestive.

Mais voyons la chose en détail.

I. Le codeur du TFN8

1. Le schéma

Il est donné en figure VI-30. Il comprend :

- Un générateur d'impulsions : c'est la partie à composants discrets. T_1 à T_4.
- Un compteur d'impulsions : c'est la partie intégrée. Les composants les plus récents ont été utilisés : les circuits numériques C.MOS, ayant le mérite d'une consommation tellement faible, qu'il est presque impossible de la mesurer. On a une décade 4017, dont la figure VI-31 donne la structure interne et le brochage.

Deux quadruples NANDS 74C00. (Voir fig. VI-32.)

Un NAND à 8 entrées type 74C30. (Voir fig. VI-33.)

Un triple NOR type 4025. (Voir fig. VI-34.)

Au repos : La sortie $\overline{RAZ}$ étant au niveau 1 (+ 8,5 V) le transistor T_2 conduit, le condensateur de 47 nF se charge et T_1, unijonction déjà rencontrée dans le TFF8, le décharge périodiquement. La fréquence est ajustée à 500 Hz pour une distance des impulsions de 2 ms. Les fronts descendants de la dent de scie déclenchent T_3/T_4 qui fabriquent des impulsions de 300 μs transmises par S à la platine HF et qui la modulent. (Voir le diagramme des signaux de la fig. VI-35.)

Les impulsions se suivent sans discontinuer. On prélève sur le collecteur de T_3 ces impulsions en sens positif et on les envoie sur l'entrée CLOCK (horloge) d'une décade à 10 sorties décodées. Cette décade compte inlassablement et ses 10 sorties passent successivement à l'état 1, toutes les autres étant à l'état 0. Huit sorties sont utiles : S_1 à S_8. La sortie S_0 et la sortie S_9 ne sont pas connectées. L'état des sorties S_1 à S_8 est appliqué sur l'une des entrées des huit NANDS contenues dans les deux boîtiers 74C00. L'autre entrée de chaque NAND est normalement à l'état 0 (par la 5600 Ω) et occasionnellement à 1 (en appuyant sur le poussoir). Rappelons ci-dessous, la table de vérité d'une porte NAND.

e_1	e_2	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Nous constatons que la sortie S ne passe à 0, que si les deux entrées sont simultanément portées à 1. Ici, cela ne peut se produire que si :

— la sortie de la décade est à 1

— le poussoir est appuyé.

Mais, au repos, toutes les e_2 sont à 0 donc, toutes les S sont à 1 et le NAND à 8 entrées a sa sortie à 0.

Travail : Mais supposons maintenant que le poussoir n° 4 soit appuyé et pour bien comprendre le principe, admettons que, au départ la décade soit à 0 (S_0 = 1). (Voir fig. VI-35.) Le phénomène démarre. La première dent de scie se forme et provoque la première impulsion appliquée à l'entrée CLOCK : S_0 passe à 0 et S_1 à 1. Puis c'est la deuxième : $S_0 = S_1 = 0$ et $S_2 = 1$... enfin la quatrième survient et fait passer S_4 à 1.

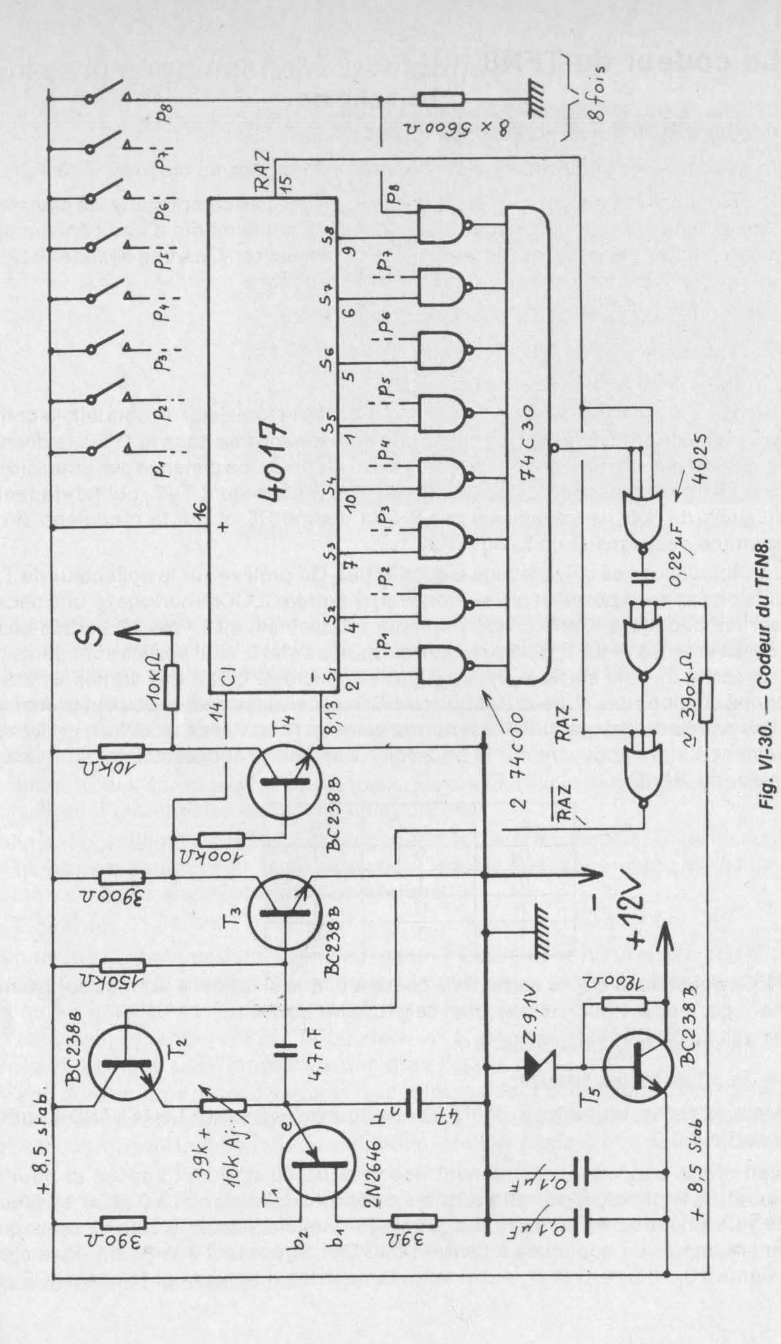


Fig. VI-30. Codeur du TFN8.

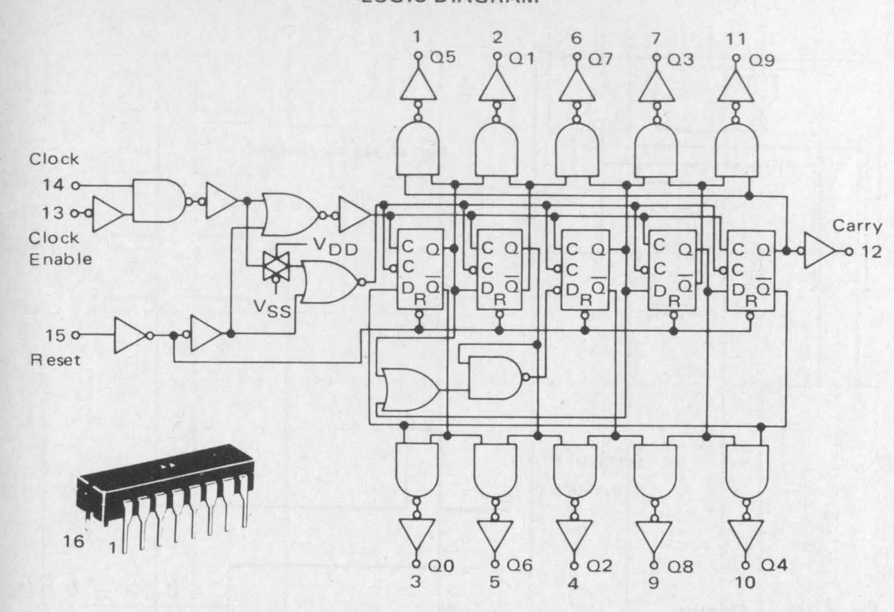


Fig. VI-31. — Structure de la décade 4017 et brochage (+ au 16, — au 8).

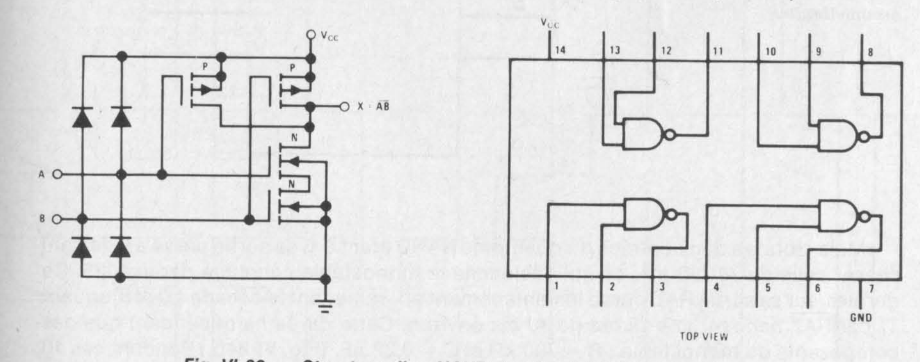


Fig. VI-32. — Structure d'un NAND du circuit 74C00 et brochage.

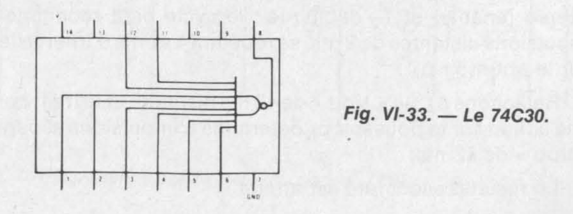


Fig. VI-33. — Le 74C30.

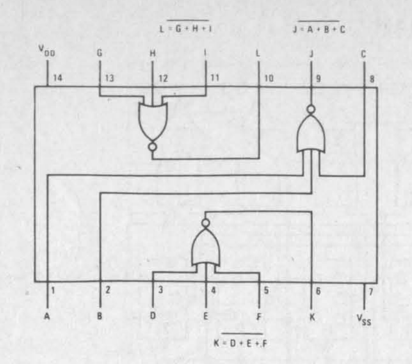


Fig. VI-34a. — Le 4025.

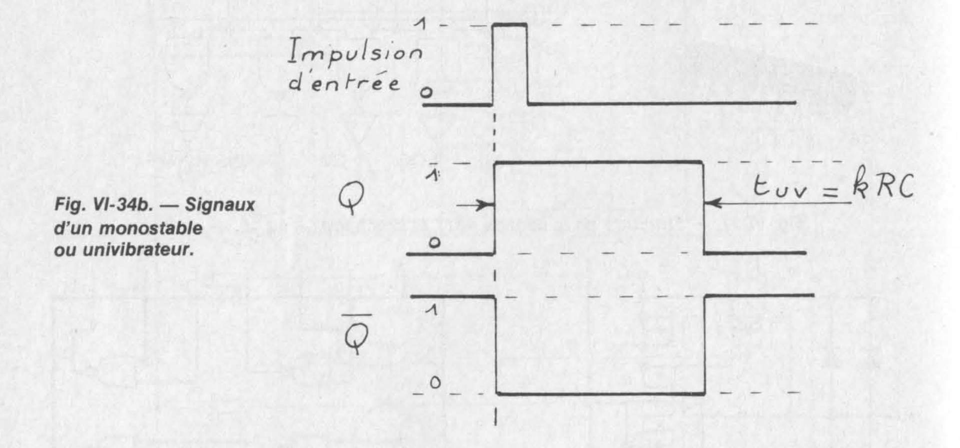


Fig. VI-34b. — Signaux d'un monostable ou univibrateur.

Mais alors les deux entrées du quatrième NAND étant à 1, sa sortie passe à 0, faisant passer celle du 74C30 à 1, ce qui déclenche le monostable constitué par le 4025. Ce dernier, sur sa sortie RAZ passe instantanément à 1, ramenant la décade à 0 et bloquant T_2 par $\overline{RAZ}$ *pendant une durée de 40 ms* environ. Cette durée ne dépendant que des composants du monostable : R = 390 kΩ et C = 0,22 μF. (Fig. VI-34b.) Pendant ces 40 ms, plus d'impulsions. Enfin, sagement le monostable revient au repos : la décade est libérée (enable) et T_2 débloqué : le cycle peut recommencer. Résultat pratique : 4 impulsions distantes de 2 ms, se répétant à 42 ms d'intervalle ...tant que dure la pression sur le poussoir p_4.

Relâchons p_4 : le « trou » de 42 ms disparaît et le train continu se reforme. De même, une action sur le poussoir p_n détermine n impulsions séparées dans tous les cas, par le « trou » de 42 ms.

Le résultat escompté est atteint !

Fig. VI-35. — Diagrammes des signaux du codeur TFN8.

2. Réalisation

a) Le CI

En époxy double face de 15/10.

(Voir fig. VI-36 pour recto et fig. VI-37 pour le verso.)

Le dessin a été fait pour un travail facile : toutes les soudures des IC's se font au verso. Evidemment, il ne s'agit plus d'un circuit pour débutants. Le tracé direct est possible, sinon facile (plume réservoir n° 4) : c'est ainsi que le prototype a été réalisé par l'auteur.

b) Liste des composants

1 4017 (MM5617A de NS ou MC14017CP de Motorola ou CD4017A de RCA ou HBF4017 de SGS...).
2 74C00 de NS.
1 74C30 de NS
1 4025 (MM5625A de NS ou MC14025CP de Motorola ou CD4025A de RCA ou HBF4025 de SGS).
1 2N2646
4 BC238B
1 Zener 9,1 V

1 4700 pF GFO 12 V
1 47 nF MKM de Siemens 100 V
2 0,1 μF GFO 12 V
1 0,22 μF MKM de Siemens 100 V

1 39 Ω 1/4 W
1 390 Ω 1/4 W
1 1200 Ω 1/4 W
1 3 900 Ω 1/4 W
8 5 600 Ω 1/4 W
2 10 kΩ 1/4 W
1 39 kΩ 1/4 W
1 100 kΩ 1/4 W
1 150 kΩ 1/4 W
1 390 kΩ 1/4 W (à ajuster éventuellement)
1 Pot/Aj E086 couché 10 kΩ.

12 picots DM40A
4 supports dual-in-line 14 broches (facultatif)
1 support dual-in-line 16 broches (facultatif)
+ composants de base du boîtier émetteur (voir TF1) avec 8 poussoirs et une clé Reuter.

c) Pose des composants

- Souder les picots.
- Les points marqués « p » sont des ponts recto-verso, réalisé avec un petit fil nu, sauf celui de la 5600 Ω picot n° 4, réalisé avec le fil de la résistance et celui de la 3900 Ω réalisé de même.
- Les points marqués « r » sont des soudures à effectuer au recto. Il faudra placer les composants correspondants, en premier.
- Finir la pose de tous les composants discrets.
- En ce qui concerne les circuits C.MOS, les plus grandes précautions sont à prendre. Ces composants sont, avant la pose, d'un maniement délicat.

— Ils sont normalement fournis sur mousse conductrice, ne les extraire qu'au moment de l'usage.

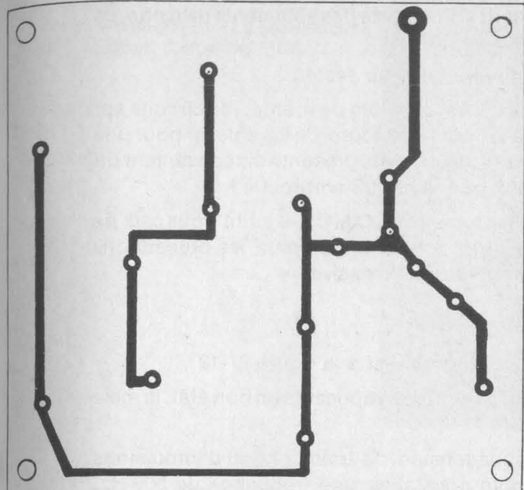


Fig. VI-36. — CI du codeur numérique. Recto

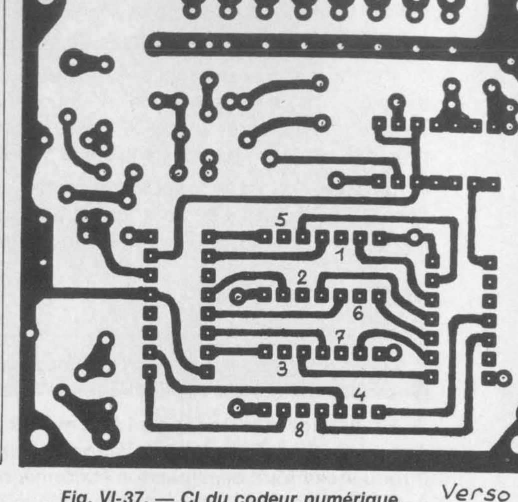


Fig. VI-37. — CI du codeur numérique. Verso

p : pont recto/verso
r : soudure recto

Ne pas oublier les 8 liaisons du verso

Fig. VI-38. — Composants codeur numérique.

— Eviter de les saisir par les broches, surtout si l'on porte des vêtements de nylon, ce qui est d'ailleurs à éviter pour ce travail.

— Ne jamais les souder avec un fer ordinaire, *relié au secteur.*

Pour supprimer pas mal de ces problèmes, il est possible de monter les circuits sur des supports, ce qui permet de les disposer à la dernière minute, de les enlever pour une vérification, de les récupérer pour une autre utilisation mais présente l'inconvénient du prix, car certains supports sont plus coûteux que le circuit embroché !

Il est parfaitement possible de souder directement les C.MOS, il suffit pour cela de débrancher le fer du secteur pendant la soudure, en prenant de plus, les précautions habituelles pour éviter les élévations de température excessives.

d) Mise en service

Equiper le boîtier émetteur et le câbler conformément à la figure IV-12.

Si le câblage du codeur est fait sans erreur avec des composants en bon état, la mise en service se fait très rapidement.

Brancher l'oscilloscope en S et mettre sous tension : le train continu d'impulsions doit apparaître. Régler la résistance ajustable pour avoir une fréquence de 500 Hz. (Fréquencemètre, oscilloscope étalonné, ou à défaut à l'oreille en se rappelant que la note doit être très légèrement plus aiguë que le si_3 de la gamme.)

Appuyer sur chacun des poussoirs et constater l'apparition du nombre correspondant d'impulsions.

En cas d'ennui :

— Pas du tout d'impulsions : enlever le 4025, court-circuiter le collecteur et l'émetteur de T_2 : si l'unijonction est bon, les impulsions doivent apparaître. Vérifier au besoin, la chaîne T_1 - T_3/ T_4. Si tout va bien de ce côté, supprimer le court-circuit, remettre le 4025, et mesurer la tension de base T_2 : au repos, elle doit être de + 8,5 V environ. Sinon il faudrait incriminer le 4025.

— Impulsions continues, mais pas d'action des poussoirs : vérifier au repos que RAZ = 0, sinon voir le 4025. Vérifier à l'oscilloscope, en intercalant une 4 700 Ω en guise de pointe de touche, le bon fonctionnement du 4017, dont les sorties doivent montrer des créneaux positifs de 2 ms. Un défaut de l'un des 74C00 ne peut empêcher le fonctionnement que de certains poussoirs. Au repos, toutes les entrées du 74C30 doivent être à 1 et la sortie à 0.

En principe, avec la résistance de 390 kΩ on obtient sensiblement les 42 ms prévus. Si l'on dispose des moyens nécessaires (impulsiomètre du TFX1 ou oscilloscope étalonné) vérifier cette durée et l'ajuster au besoin.

Lorsque le fonctionnement du codeur est jugé satisfaisant, enficher le tiroir HF et vérifier la bonne qualité du signal rayonné, à l'aide du mesureur de champ/oscilloscope.

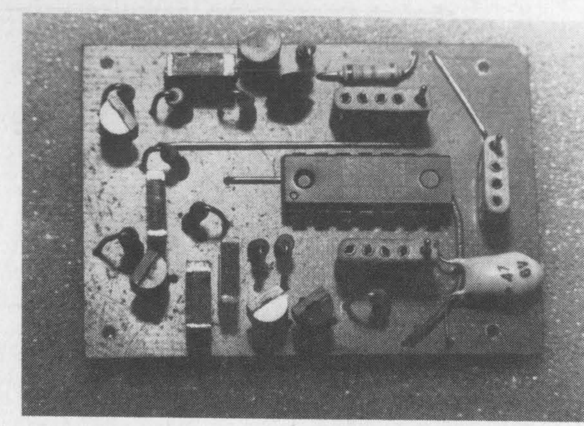


Photo VI-H. — Le décodeur à circuit C.MOS du TFN8.

II. Le décodeur du TFN8

1. Le schéma

Il est donné en figure VI-39.

Le cœur du montage est un circuit C.MOS : le MM74C164. Il s'agit d'un registre à décalage 8 bits. Ce circuit dont la structure interne est donnée en figure VI-40 contient 8 basculeurs de type D, connectés en série. Voyons dabord le fonctionnement de ces basculeurs D. (Voir fig. VI-41.)

Des impulsions sont appliquées sur l'entrée CLOCK (horloge). C'est le front **montant** de ces impulsions qui est actif. Si l'entrée **data** (information) est à 1, ce niveau est transféré, à l'instant du front montant, sur la sortie Q.

A l'impulsion suivante, si **data** est encore à 1, Q reste à 1, mais si **data** revient à 0 pour la troisième impulsion, Q revient à 0.

Connectons maintenant 4 basculeurs en série. (Fig. VI-42.) Les entrées **clock** en parallèle, Q connecté à **data** du basculeur suivant. Supposons le système à 0, c'est-à-dire Q1 = Q2 = Q3 = Q4 = 0. Mettons **data** = 1 et envoyons les impulsions.

La première transfère le 1 de **data** sur Q1, la seconde le fait passer sur Q2... Le 1 passera ainsi de D1 à D4 : il se décalera progressivement, d''où le nom de registre à **décalage.**

Dans le 74C164, se trouvent huit basculeurs en série. L'entrée **clock** est commune à tous les basculeurs, une entrée **reset** permet la remise à zéro.

Etudions maintenant le fonctionnement d'ensemble du décodeur. (Voir fig. VI-43.)

Les impulsions de sortie du récepteur sont positives (S/Rx), elles sont remises en forme par T_2 qui les restitue négatives. Elles sont alors appliquées sur **clock** du registre.

Par ailleurs, ces impulsions sont différentiées par la liaison 4700 pF / 27 kΩ et leur front avant fait conduire T_3 qui décharge le 0,1 μF. Le collecteur de T_3 reste pratiquement à 1, tant que les impulsions se répètent, car le condensateur n'a pas le temps de se

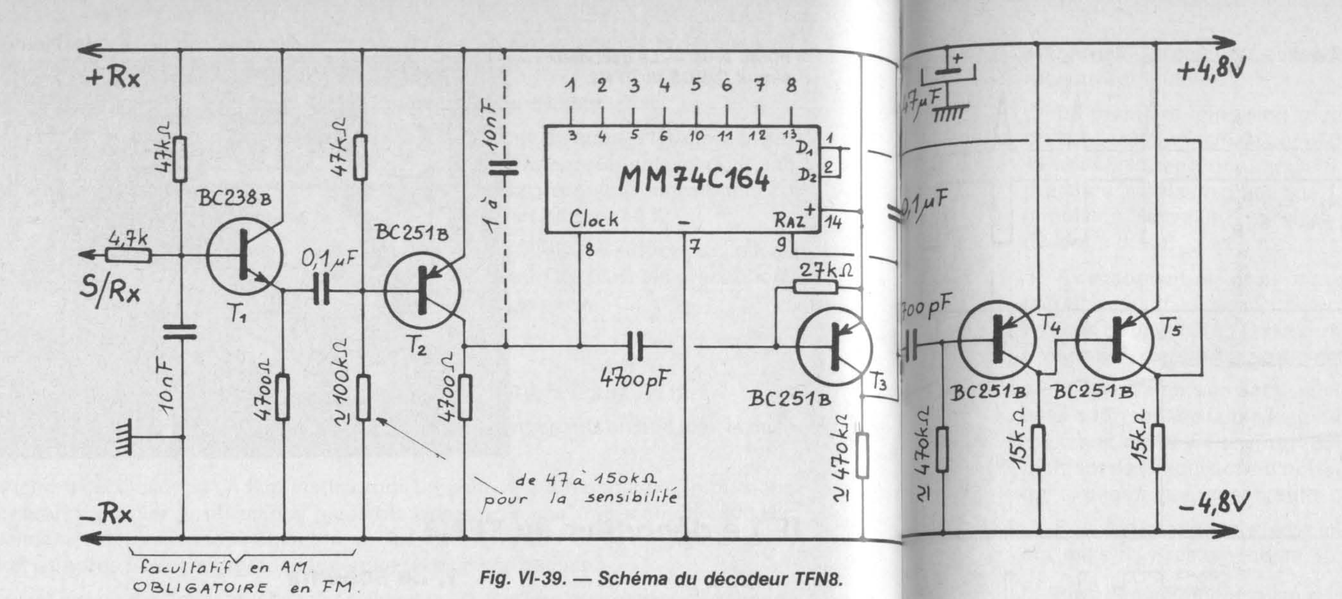


Fig. VI-39. — Schéma du décodeur TFN8.

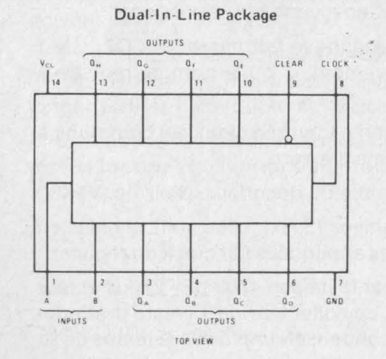


Fig. VI-40. — Structure interne du 74C164 et brochage.

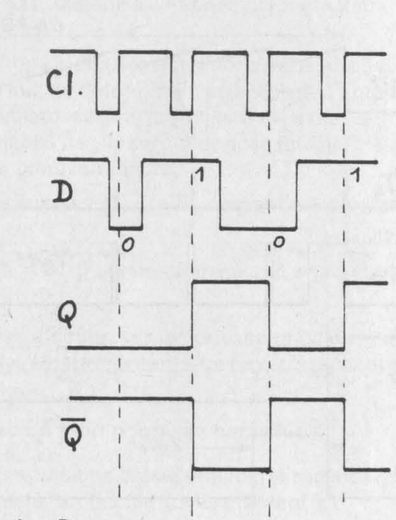


Fig. VI-41. — Fonctionnement du basculeur D.

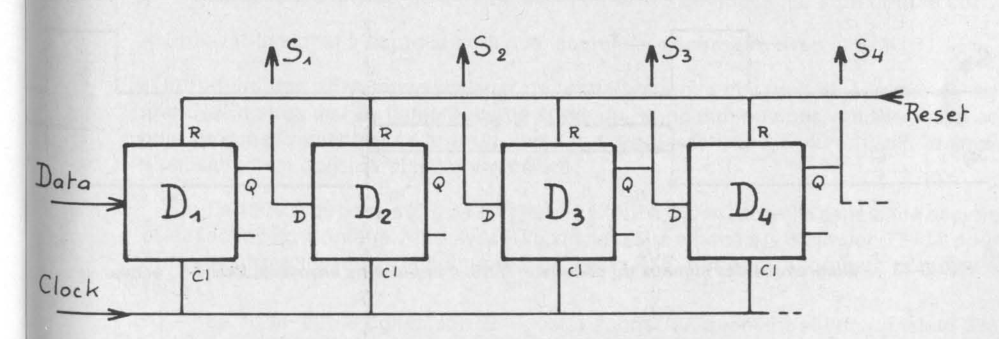


Fig. VI-42. — Le registre à décalage (4 bits représentés).

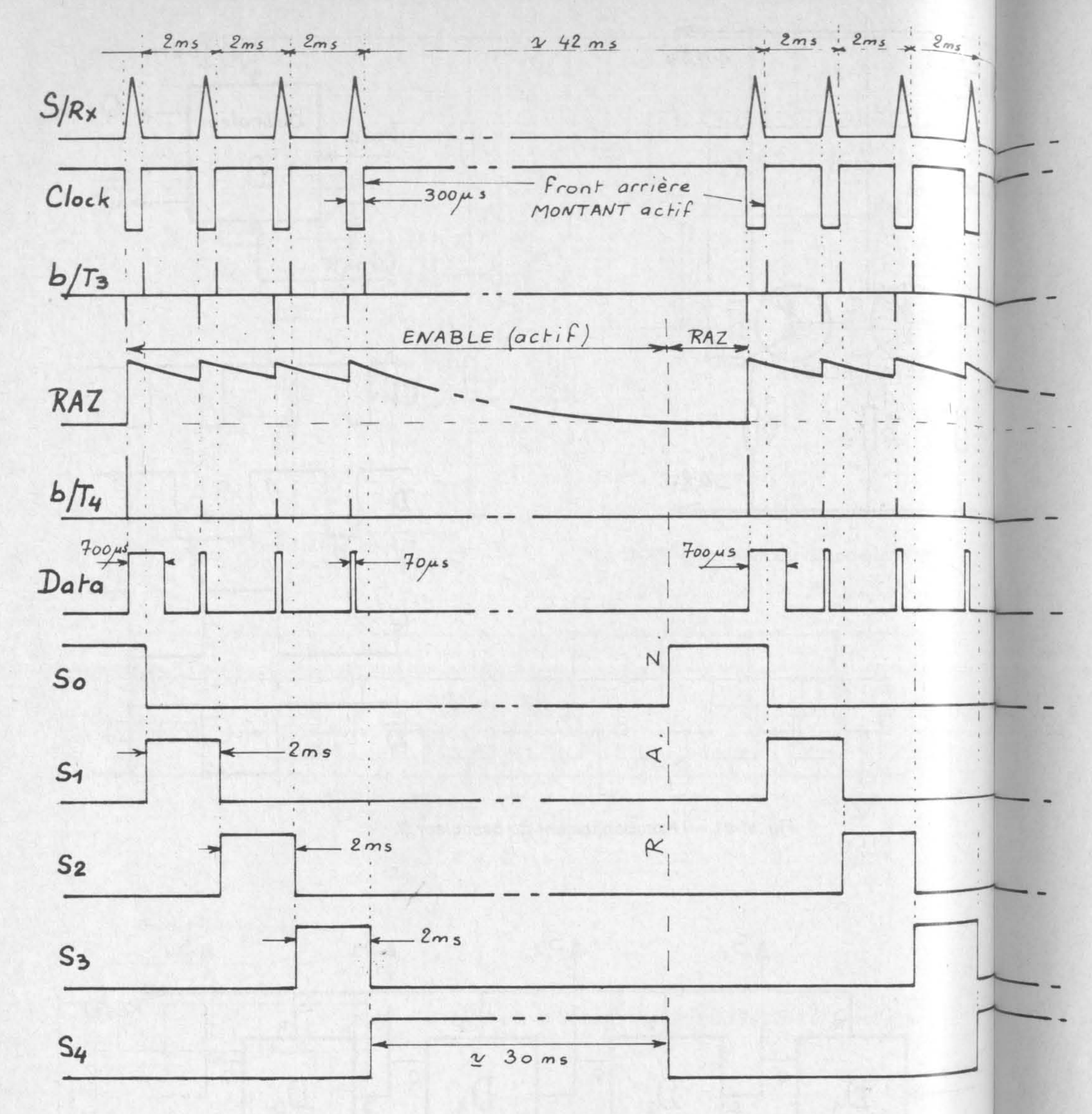


Fig. VI-43. — Diagramme des signaux du décodeur TFN8. 4 impulsions envoyées. Sortie S_4 active.

recharger. Cet état haut est appliqué à l'entrée **raz** du registre et le maintient en état de réceptivité (enable).

La première impulsion reçue a fait passer brutalement **raz** à 1. Cette transition brusque a été transmise par 4700 pF / 470 kΩ à la base de T_4 et se retrouve en sortie de T_5, sous la forme d'une impulsion rectangulaire de 700 µs, qui **recouvre** dans le temps la première impulsion d'horloge. Dans ces conditions, le front montant de cette première impulsion trouve un 1 sur **data** et ce 1 est transféré sur S_1. A la seconde impulsion S_1 revient à 0 et S_2 passe à 1. A la quatrième impulsion, le 1 est en S_4.

A ce moment, si l'on suppose des trains de 4 impulsions, il faut attendre 42 ms pour le train suivant. Le condensateur de 0,1 µF en profite pour se recharger et il met 30 ms environ pour le faire : la **raz** arrivant à l'état **bas**, ramène à 0 l'ensemble du registre : S_4 revient à 0, mais cette sortie est restée 30 ms à 1.

Mais, revenons en **data :** sur les 2ᵉ, 3ᵉ, 4ᵉ impulsions, les transitions transmises sur la base de T_4 sont de faible amplitude et, de ce fait, ne déterminent en sortie de T_5 que des créneaux de 70 µs environ (**data**). Ces créneaux seront terminés bien avant le front montant des impulsions d'horloge qui durent 300 µs : ils seront donc inactifs et c'est ce qui explique que, aucun autre 1 n'est entré dans le registre.

Résultat pratique : avec 4 impulsions transmises, S_1, S_2, S_3 passent à 1 pendant 2 ms, mais S_4 y reste pendant 30 ms.

Plus généralement, avec n impulsions ($n \leq 8$), S_n reste 30 ms à 1, à chaque train, toutes les autres n'y passant que 2 ms.

NB. — Un train continu d'impulsions (pas d'action sur les poussoirs du Tx) maintient **raz** à 1, empêchant **data** d'y passer sur les fronts montants. Le registre ne peut rien transférer et toutes les sorties restent à 0.

— Le même phénomène se produit avec un train nourri de parasites.

— A la mise en route, le **premier** train d'impulsions balaie une fois le registre (2 ms sur toutes les sorties). Une fois le registre vidé, toutes les sorties restent à 0.

— En FM, à vide, un souffle puissant apparaît. Le souffle est assimilable à un train d'impulsions très rapprochées : le décodeur se bloque, toutes les sorties à 0.

— La cellule d'entrée, constituée de T_1 et de ses composants, a un double but :

- Prélever le signal à haute impédance, ce qui est nécessaire avec le SO41.
- Introduire une atténuation du bruit de fond, lorsque la distance de commande est grande. En effet, en FM, l'amplitude de sortie du RX ne diminue pas, mais le signal se noie progressivement dans le bruit. Avec le filtre passe-bas 4,7 kΩ / 10 nF, le seuil d'utilisation est considérablement reculé.

— La 100 kΩ de base de T_2 peut varier de 47 kΩ à 150 kΩ selon la sensibilité désirée et la réaction du montage. Ainsi avec RX5, on peut être amené à la diminuer (75 kΩ) pour éviter des troubles à proximité immédiate. Avec RX6, par contre, on peut la porter à 150 kΩ.

— Le 10 nF sur le collecteur de T_2 est à souder uniquement si l'on constate des troubles de décodage dans certaines conditions de réception.

2. Réalisation

a) Le CI

En époxy simple face de 15/10. (Voir fig. VI-44.) Les connecteurs SLM sont soudés directement sur le circuit, ce qui ne va pas sans poser quelques problèmes. En effet, les modèles normaux sont munis de picots de raccordement aux fils de liaison, d'un diamètre de 11/10 environ. Les broches étant distantes de 2 mm, le cuivre restant, après perçage, est très réduit. Dans la mesure du possible, il faudra essayer de trouver ces connecteurs avec picots spéciaux pour montage sur circuit imprimé.

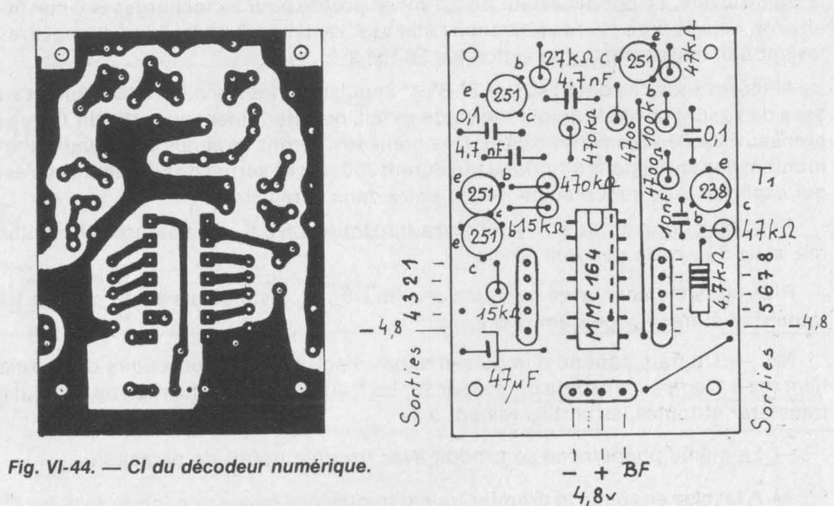


Fig. VI-44. — CI du décodeur numérique.

Fig. VI-45. — Composants décodeur numérique.

b) Liste des composants

1 MM74C164 de NS
4 BC251B

2 4700 pF MKM 100 V
1 0,1 μF MKM 100 V
1 47 μF perle tantale.

1 4700 Ω 1/4 W
2 15 kΩ 1/4 W
1 27 kΩ 1/4 W
1 47 kΩ 1/4 W
1 100 kΩ 1/4 W (voir texte)
2 470 kΩ 1/4 W (voir texte)

Pour la FM, en plus :

1 BC238B
1 10 nF GFO 12 V
1 0,1 μF MKM 100 V
2 4700 Ω 1/4 W
1 47 kΩ 1/4 W

2 connecteurs SLM 5 broches, femelle, si possible à picots pour CI.
1 connecteur SLM 4 broches, femelle, si possible à picots pour CI.

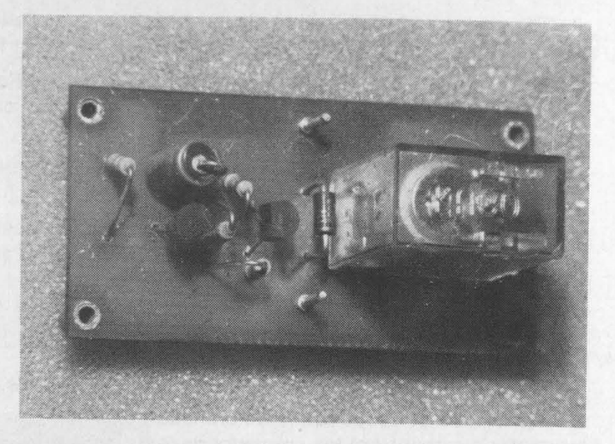


Photo VI-I. — Platine à relais pour 1 canal du TFN8.

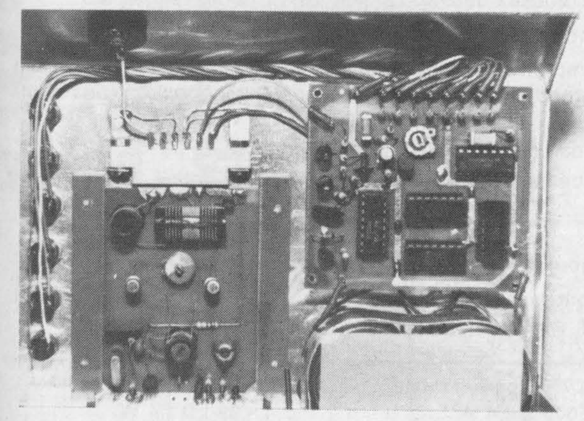


Photo VI-J. — Un exemple de montage de l'émetteur universel : la platine HF est le modèle HF1, 27 MHz / AM. Le codeur est celui du TFN8.

c) Pose des composants

- Placer les 3 ponts de liaison, au recto.
- Souder bien verticalement les trois connecteurs.
- Disposer et souder tous les composants discrets.
- Placer et souder en dernier, le MM74C164, avec les précautions indiquées précédemment.
- Ne monter T_1 et ses composants, que pour les récepteurs FM.

d) Mise en service

Elle ne peut se faire facilement que si l'on dispose déjà du récepteur prévu, en bonne disposition de marche. On fera les essais à rayonnement réduit, soit antenne repliée, en 27 MHz, soit en charge sur la 12 V / 0,1 A pour les 72 MHz.

RX1 peut convenir en utilisant la pile inférieure pour l'alimentation du décodeur. Ne pas oublier le condensateur de liaison entre la 2700 Ω et la base de T_2.

Les récepteurs RX4 à RX8 conviennent parfaitement. Rappelons qu'ils contiennent déjà leur condensateur de liaison : la base de T_2 (ou de T_1, en FM) est attaquée directement. (Alimentation 4,8 V commune.)

Signalons, à toutes fins utiles, que les premiers essais peuvent parfaitement se faire sans le registre.

Mettre sous tension TX, RX et décodeur : constater l'existence du train d'impulsions en S/RX puis des impulsions négatives de **clock.** Mesurer au voltmètre électronique le niveau **raz** et constater qu'il se maintient au voisinage de + 4,5 V avec une légère dent de scie négative, visible à l'oscilloscope. Connecter ce dernier en **data** et vérifier l'existence des fines impulsions de 70 µs. Si tout est correct, on peut placer le MM74C164 (après coupure de l'alimentation).

Connecter l'oscillo sur une des sorties à travers une 4 700 Ω d'isolement* et appuyer sur le poussoir correspondant : le créneau de 30 ms apparaît. Toutes les sorties d'un rang inférieur montrent les créneaux de 2 ms, toutes les suivantes restent à 0.

Vérifier le fonctionnement des **huit** sorties.

En cas d'anomalie, il faut reprendre l'étude théorique du fonctionnement, pour bien l'assimiler, puis contrôler méthodiquement la progression du signal, à l'aide des oscillogrammes de la figure VI-43.

La résistance de 470 kΩ de collecteur T_3 détermine la durée de 30 ms.

La résistance de 470 kΩ de base T_4 détermine les 700 µs de **data.**

e) Utilisation

Chaque sortie doit être complétée d'un circuit élémentaire de la figure VI-46.

Les impulsions de 2 ms sont sans action sur le relais, celles de 30 ms en provoquent le collage franc. Une tension de 9 V est nécessaire. (≥ 6 V)

Composants par relais :

1 BC238B	1 4,7 µF perle tantale	1 27 kΩ 1/4 W
1 BC251B	1 5600 Ω 1/4 W	1 39 kΩ 1/4 W
1 1N4002	1 12 kΩ 1/4 W	1 relais **kako** 300 Ω 1RT.

Pour la réalisation pratique, voir la figure VI-47 pour le dessin du CI et la figure VI-48 pour l'implantation des composants.

Notons qu'il serait intéressant de grouper les circuits à relais, quatre par quatre, sur une même platine. Dans une maquette de bateau, cette disposition est favorable à une bonne répartition des masses.

Le circuit ne demande pas de mise au point. Signalons que la distinction entre les impulsions courtes et longues, dépend du rapport des résistances de 12 kΩ et 5600 Ω.

f) Boîtier réception

Il est intéressant de monter le décodeur TFN8 et l'un des récepteurs choisis entre RX4 à RX8, dans un boîtier double. Se reporter plus loin, pour la réalisation. (Voir fig. VIII-38). La découpe du couvercle, pour le passage des connecteurs est à faire selon la figure VI-49.

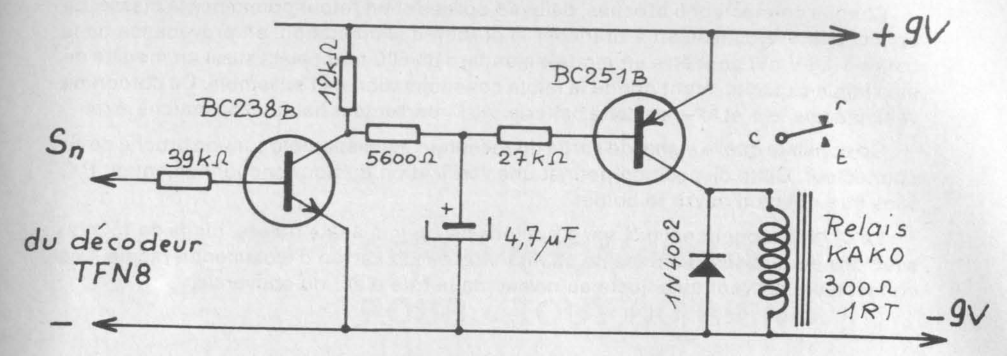


Fig. VI-46. — TFN8. Circuits de commande d'un relais.

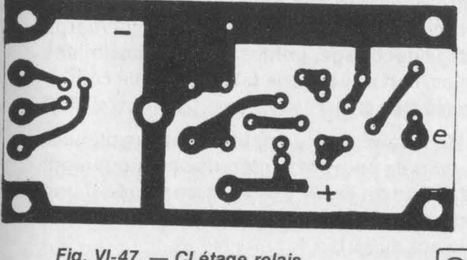


Fig. VI-47. — CI étage relais.

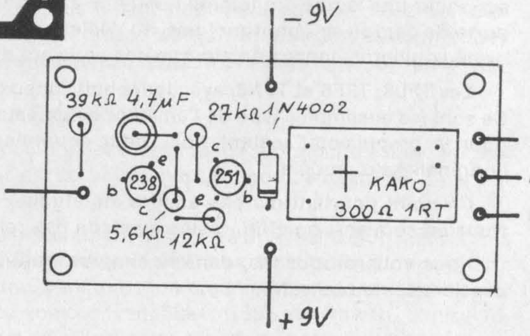


Fig. VI-48. — Etage relais. Composants.

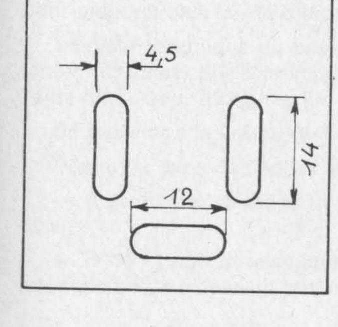


Fig. VI-49. — Découpe du couvercle du boîtier Rx. Le positionnement des découpes se fera par correspondance avec le CI.

Chaque connecteur 5 broches, délivre 4 sorties et un retour commun à la masse. Le connecteur 4 broches sert à brancher le cordon d'alimentation, en provenance de la batterie 4,8 V qui peut être un modèle standard de 500 mAh, mais aussi un modèle de plus faible capacité, étant donné la faible consommation de l'ensemble. Ce cordon ne véhicule que le + et le — de cette batterie, via l'interrupteur habituel de marche arrêt.

On constate que le signal de sortie du récepteur est disponible sur une broche de ce connecteur. Cette disposition permet une vérification du bon fonctionnement du RX, sans être obligé d'ouvrir le boîtier.

Le CI du décodeur est fixé par 4 boulons de 1,5 mm à tête fraisée, longs de 15 mm, avec des entretoises isolantes de 13 mm. Prévoir un carton d'isolement à rabats. Les connecteurs arrivent ainsi juste au niveau de la tôle d'alu du couvercle.

Sur cette description s'achève ce chapitre consacré aux ensembles **tout ou rien.** Depuis les TF1 et TFF1 monocanaux très simples, jusqu'au TFN8 complexe, la marge est importante. Les cinq possibilités de codage/décodage, jointes aux six possibilités de platines HF et aux huit récepteurs utilisables, constituent une telle variété de combinaisons que... nous hésitons à les énumérer toutes !

Le TF1, le TFF1 monocanaux permettent de commander un petit bateau, un planeur de début, voire même un motomodèle léger, mais ils peuvent aussi plus prosaïquement actionner une lampe, un témoin lumineux à distance, servir à la télécommande d'une porte de garage et... pourquoi pas, au déclenchement du klaxon destiné à effrayer les oiseaux pillards, lancés à l'attaque des cerisiers du jardin !

Les TFL8, TFF8 et TFN8, avec leurs huit canaux, ont des prétentions plus grandes. Ce sont les ensembles type de l'amateur de bateaux : 2 canaux pour la direction, trois pour la propulsion ; restent trois, pour actionner quelques accessoires qui feront l'originalité du modèle.

Un point pourtant n'a pas encore été étudié : c'est celui des servo-mécanismes. Nous en sommes, en effet, restés au stade des relais secondaires.

Nous vous proposons, dans le chapitre qui suit, d'étudier rapidement quelques possibilités de réalisation.

Chapitre 7 SERVO-MÉCANISMES POUR « TOUT OU RIEN »

I. Servo-mécanisme, type monocanal

Les servo-mécanismes de ce type, sont tous à fonctionnement cyclique. Un moteur, généralement électrique, tourne toujours dans le même sens et entraîne, par une manivelle, la gouverne à déplacer. Prévus initialement pour équiper les ensembles monocanaux, ils sont cependant intéressants avec les multicanaux dont ils augmentent les possibilités, puisqu'un seul canal est susceptible de produire deux actions.

1. Version du type monostable à 2 positions

Ce servo se positionne sur une position lorsque le relais secondaire est au repos et sur l'autre position lorsque ce relais est au travail. Avec un peu de dextérité, il permet d'obtenir des positions intermédiaires.

La conception mécanique est volontairement destinée à une réalisation facile. Dans ce but, il a été choisi une mécanique de servo digital, à sortie rotative et munie d'un certain type de potentiomètre à piste céramique d'un modèle très répandu, dans cette fabrication. Différentes mécaniques sont convenables : RS9S de Rowan, Miniservo, Digi R ou L de RD, S4 de World Engines... C'est cette dernière que nous avons retenue pour mener à bien la réalisation du modèle. (Voir photo A.)

La piste céramique du potentiomètre est supprimée (la garder précieusement, à toutes fins utiles). Elle est remplacée par un disque à secteurs de contact, déterminant à l'aide du curseur d'origine, les différentes positions.

Se reporter à la figure VII-1 pour la confection de ce disque :

Découper dans de l'époxy simple face de 15/10, deux rondelles :

— A de 13 mm de diamètre, percée au centre à 20/10 et débarrassée de tout son cuivre.

— B de 11 mm de diamètre, percée au centre à 45/10. La couronne restante est partagée en deux, par un trait de scie diamétral (scie miniature).

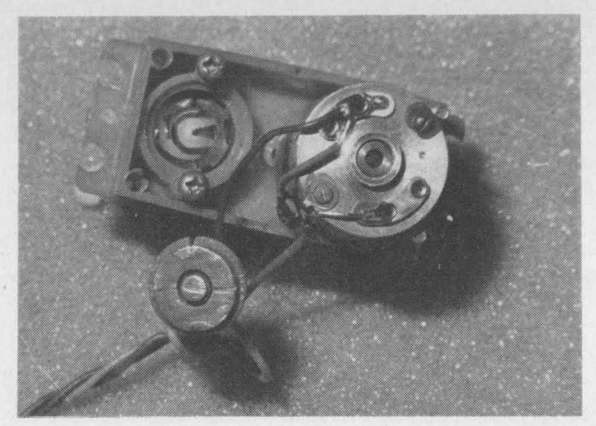


Photo VII-A. — Adaptation du servo S4 au Tout ou Rien. Au premier plan : le disque B.

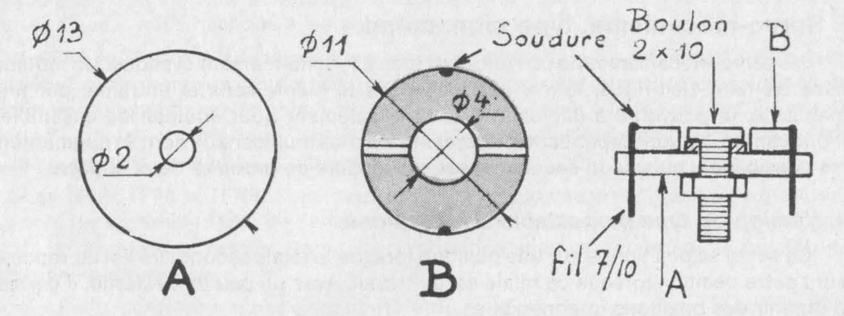


Fig. VII-1. — Réalisation des disques pour un servo-mécanisme à 2 positions, à partir d'une mécanique de servo-digital.

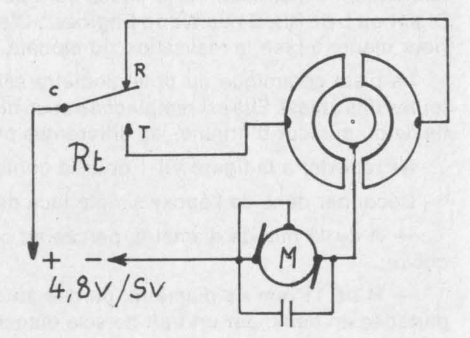


Fig. VII-2. — Câblage du servo-moteur à 2 positions.

Prendre un boulon de 2 × 10 mm en laiton, tête ronde. Limer cette tête pour faire disparaître la fente et obtenir une surface bien plane. Bloquer le boulon au centre de A, en intercalant une rondelle, de manière à amener le plat à 15/10 de hauteur. Le disque B est alors collé à la Cyanolit, concentriquement à A.

Le plat du boulon sert de contact central et les deux demi-couronnes, de pistes pour le curseur.

Faire deux encoches à la scie fine et souder 2 picots de 7/10 pour les pistes : soudures « subminiatures » pour ne pas gêner.

Monter enfin, suivant le schéma de la figure VII-2. Antiparasiter le moteur avec condensateur céramique de 22 nF à 0,1 µF et selfs d'arrêt sur ferroxcube (genre VK200). L'alimentation requiert soit 4,8 V soit 2,4 V selon le type du moteur installé sur le servo. (Ne pas utiliser la source de courant du récepteur, si possible.)

Au repos, si le curseur se trouve sur la piste de repos (à droite) il se met à tourner et amène ce curseur en début de piste travail (en bas, à gauche).

Appuyons sur le poussoir : le moteur tourne d'un 1/2 tour. Relâchons : nouveau 1/2 tour et retour à la position de repos.

Donc 2 positions :

- Repos : curseur en bas (sur la figure).
- Travail : curseur en haut (sur la figure).

NB. En partant du point de repos, envoyons un top **très** bref : le curseur fait quelques degrés, mais reste dans la piste travail. Il est ainsi possible d'obtenir quelques positions intermédiaires... avec beaucoup d'adresse !

2. Version bistable à 4 positions

Il s'agit d'une variante du même servo-mécanisme, mais permettant cette fois, quatre positions. Il devient possible de l'utiliser pour la commande du gouvernail d'un modèle :

Pos. 1 : repos 1 donnant le neutre.

Pos. 2 : travail 1 donnant la droite.

Pos. 3 : repos 2 donnant le neutre.

Pos. 4 : travail 2 donnant la gauche.

Les positions 1 et 3, d'une part, 2 et 4, d'autre part, sont diamétralement opposées.

Remarquer la sécurité donnée par le retour au neutre automatique.

L'exécution est exactement identique à celle de la première version, à cette différence près, que le disque B' (au lieu de B) comporte 2 traits de scie perpendiculaires. Chaque 1/4 de cercle est muni d'un picot de connexion. Le câblage est donné en figure VII-3.

Comme pour le servo précédent, le calage exact du disque se fait expérimentalement par rotation (suivie de blocage à l'aide des deux vis qui maintenaient la piste du

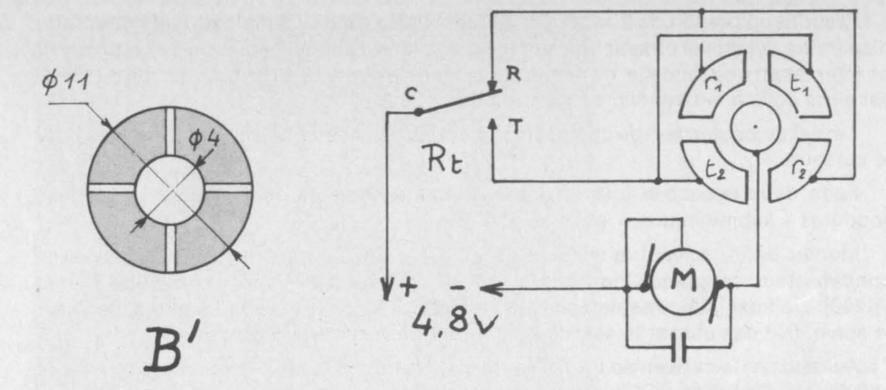


Fig. VII-3. — Variante à 4 positions.

potentiomètre) jusqu'à amener le bras de sortie (ou le disque) sur les positions d'arrêt désirées.

Dans les deux cas, le disque faisant des tours complets, la manivelle sera formée en conséquence. Veiller à ne pas avoir de point dur.

II. Servo-mécanisme de direction, à 2 canaux.

Les positions cycliques du servo monocanal présentent évidemment l'inconvénient du passage par la position... suivante. Ainsi, après un premier virage à droite suivi d'un retour au neutre, un second virage à droite ne peut être obtenu qu'après passage par... la gauche. Ce n'est sans doute pas très rationnel, mais notons-le bien, sans importance pratique, sur une maquette dotée d'une certaine inertie et n'évoluant pas très vite.

Pourtant, à partir du moment où plusieurs canaux sont disponibles, une meilleure solution est accessible.

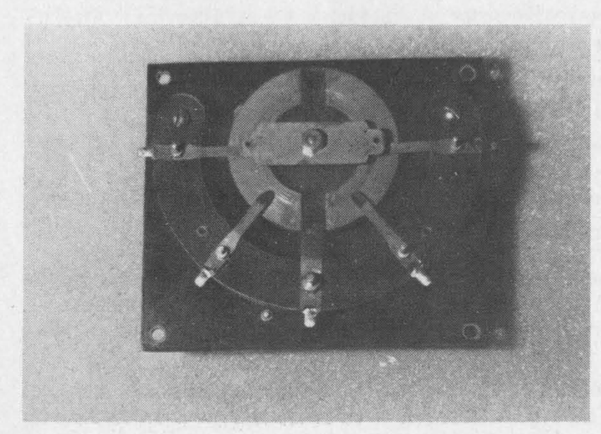


Photo VII-B. — Le servo de direction à 2 canaux.

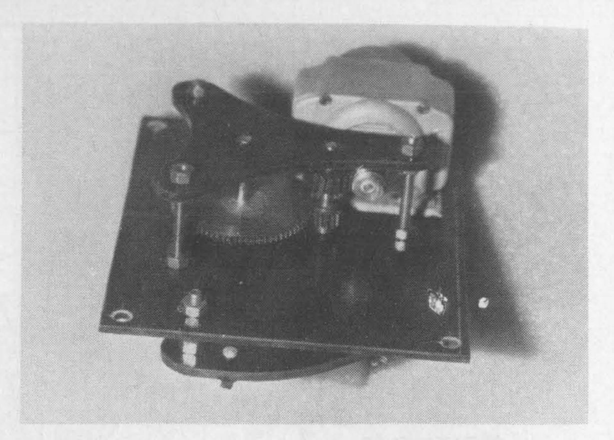


Photo VII-C. — Vue sur le mécanisme du servo de direction.

Les photos B et C montrent un tel servo-mécanisme, utilisable sur un bateau et donnant directement les positions droite et gauche, par inversion de sens du moteur électrique. Le retour au neutre étant aussi automatique. Deux canaux sont nécessaires, donc deux relais secondaires.

Les photos permettent de se rendre compte de la réalisation mécanique utilisée. Les supports sont tous découpés dans de la bakélite de 2 mm. Les cotes précises dépendant par trop des pièces en possession de chacun, ne sont pas données.

Un moteur électrique, genre Milliperm, entraîne par une démultiplication comprenant une vis sans fin, calée sur l'arbre moteur, un pignon s'engrenant et un couple d'engrenages droits, le tout donnant une réduction de 100 environ. L'axe de sortie entraîne, outre le guignol de commande relié à la gouverne, un disque isolant, réalisé ici en plexiglas avec deux secteurs rapportés, mais qui peut être bien plus simplement fabriqué en époxy 15/10, par la technique des CI.

Des doigts de contact souples, taillés dans du chrysocale de 2/10 sont fixés sur une couronne circulaire concentrique. Ils s'appuient sur le disque rotatif.

Le schéma de câblage est donné en figure VII-4. Le moteur est alimenté soit par une 1/2 batterie, soit par l'autre, ce qui donne les deux sens de rotation.

Au repos de R_1 et de R_2, le moteur doit tourner dans un sens tel que la coupure du disque vienne se placer devant le balai b. Ce sens est à déterminer expérimentalement. Le moteur s'arrête alors. Lorsque R_1 passe au travail, le disque tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et le disque s'arrête, coupure en face de c. Avec R_2, la coupure se place en face de a.

Les contacts par balais sont auto-nettoyants et par conséquent d'une très grande sécurité.

Si le moteur est trop « nerveux » le système dépasse toujours son point d'arrêt, ce qui le renvoie en sens contraire, d'où nouveau dépassement et oscillations fâcheuses. Une réduction de la tension d'alimentation, ou plus simplement une résistance en série avec le moteur, supprime le défaut.

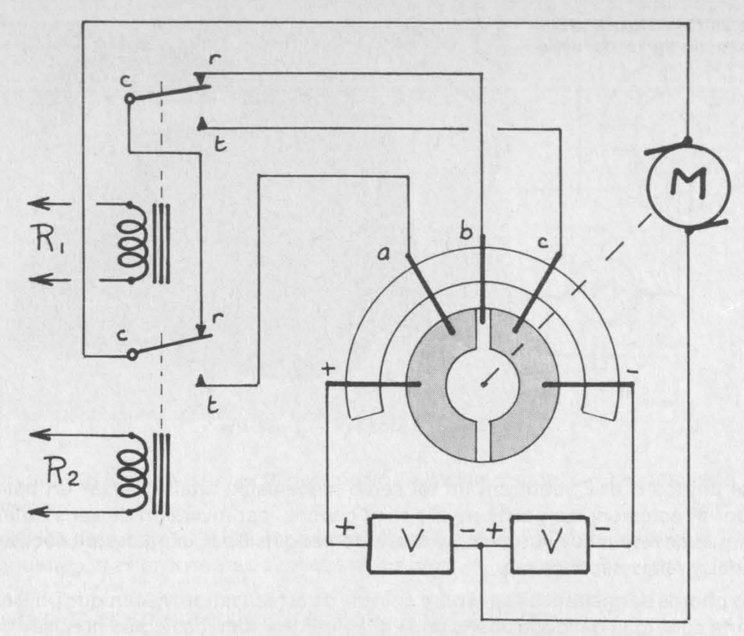


Fig. VII-4. — Servo-mécanisme de direction, 3 positions, 2 canaux. Retour au neutre automatique.

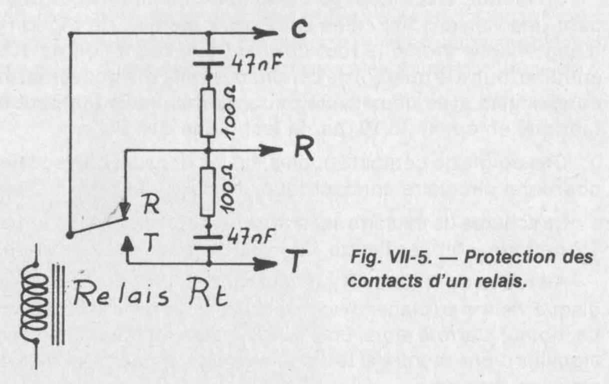


Fig. VII-5. — Protection des contacts d'un relais.

Signalons qu'il est toujours utile de protéger les contacts des relais par des cellules RC, conformément à la figure VII-5.

NB. Il serait possible de supprimer le retour au neutre automatique, en montant un neutre à retour commandé par un troisième relais. (Voir la description suivante.)

On pourrait croire, ainsi à l'avantage de pouvoir obtenir des positions intermédiaires du gouvernail, ce qui permettrait à la fois des virages courts et d'autres plus larges... sans pianoter sur les poussoirs.

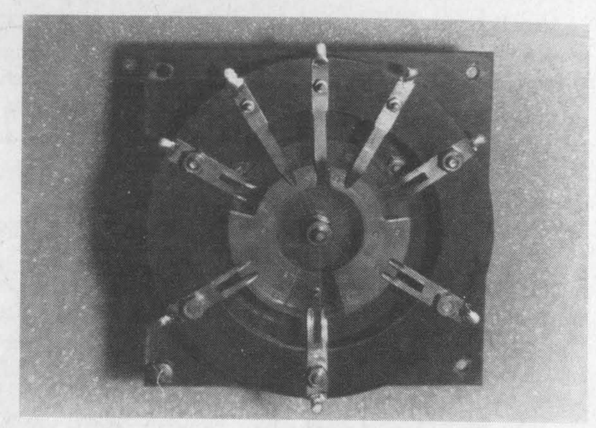


Photo VII-D. — Le servo-mécanisme pour propulsion électrique.

Malheureusement la pratique infirme cette belle théorie. En effet le pilote d'un modèle de bateau se trouve pratiquement dans le plan d'évolution. Dès que le modèle s'éloigne en suivant une trajectoire transversale, il est impossible d'apprécier sa route avec précision. Le retour au neutre automatique est alors une référence de cap et l'évolution se fait par petites corrections successives de la trajectoire. C'est d'ailleurs cette considération qui fait que le pilotage proportionnel d'un bateau n'apporte pas grand chose par rapport au tout ou rien, quand les évolutions se font à une certaine distance. Evidemment pour un pilotage au plus près, le proportionnel permet plus de souplesse dans les évolutions.

III. Servo-mécanisme pour propulsion, à 3 canaux

Il s'agit d'une variante du servo précédent, utilisant précisément un neutre commandé par le relais R_2. (Voir fig. VII-6.)

L'alimentation du moteur Ms du servo est toujours faite par les deux 1/2 batteries, mais celles-ci servent aussi à la propulsion du modèle par le second moteur Mp, d'arbre d'hélice. Ce moteur est alimenté par la **batterie entière,** pour avoir une puissance maximale. La liaison moteur/batterie se fait par l'intermédiaire du commutateur tournant que constitue le servo-mécanisme.

Au neutre, c'est l'arrêt.

R_3 amène la coupure en face de a et détermine la marche avant, par exemple.

R_1 amène cette coupure en face de c et donne la marche arrière.

Encore ici, sécurité totale par les contacts auto-nettoyants des balais.

Noter que les balais a, b, c sont plus longs que les cinq autres.

Avantage du dispositif : aucune consommation parasite lors des évolutions sans changement de marche.

Notons enfin la possibilité d'une extension du système, en augmentant le nombre de positions (donc le nombre de canaux nécessaires) de manière à obtenir plusieurs

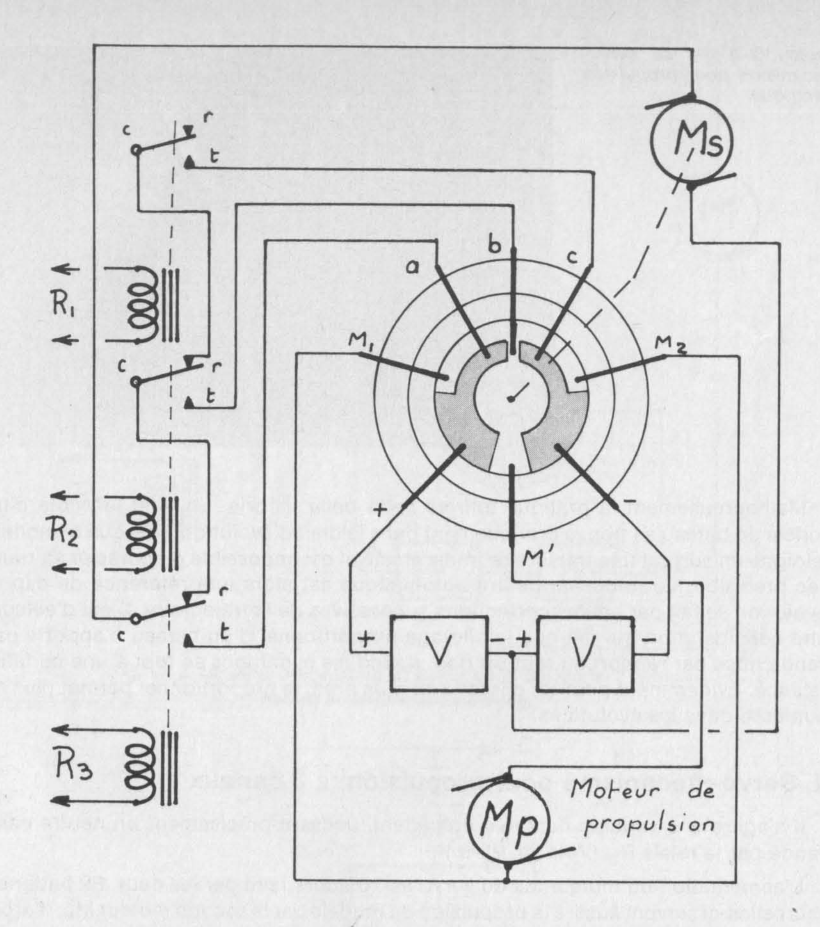


Fig. VII-6. — Servo-mécanisme de commande du moteur de propulsion. Avant, arrière, stop. 3 canaux.

régimes différents, par exemple en intercalant une résistance dans le circuit moteur ou en modifiant le nombre des éléments de la batterie.

Sur le plan de la réalisation, les photographies donnent le détail du montage. La mécanique de base est exactement la même que pour le servo précédent. Le porte-balai est une couronne complète.

IV. Commande de propulsion avec un seul canal.

Le système que nous venons de voir est gourmand en nombre de canaux utilisés. Il ne convient pas aux monocanaux et fait hésiter les amateurs désireux de monter sur leur modèle de très nombreux accessoires télécommandés. Le système suivant ne

demande qu'un canal, avec en contrepartie une modification cyclique des états de marche. Etant donné la grande rapidité de réponse du montage, cet inconvénient peut s'avérer en pratique, parfaitement insignifiant.

La figure VII-7 donne le schéma du montage en question. On remarque immédiatement l'utilisation de circuits intégrés TTL.

Le relais de sortie du canal utilisé pour la commande est couplé à un montage anti-rebond réalisé avec une double NAND, interconnectée en basculeur RS : les états de la sortie reproduisent fidèlement ceux du relais, mais en supprimant les dizaines de micro-contacts que fait le relais en passant soit au repos, soit au travail.

La sortie du dispositif attaque l'entrée horloge d'un premier basculeur JK, lequel change d'état à chaque top sur le relais d'entrée. La sortie de ce premier JK attaque, elle, l'entrée du second et en modifie les états dans les mêmes conditions.

Le tableau de la figure VII-8 montre les différents niveaux des sorties en fonction des impulsions envoyées sur le relais.

La sortie Q du premier JK attaque le relais R_1 d'arrêt.

La sortie Q' du second le relais R_2 de marche arrière.

La sortie $\overline{Q'}$ le relais R_3 de marche avant.

Le tableau nous indique la progression des états : on aura Marche Avant, Arrêt, Marche Arrière, Arrêt, Marche Avant...

La résistance de 10 kΩ associée au condensateur de 10 µF permet une mise à 0 automatique, lors de la mise sous tension du dispositif.

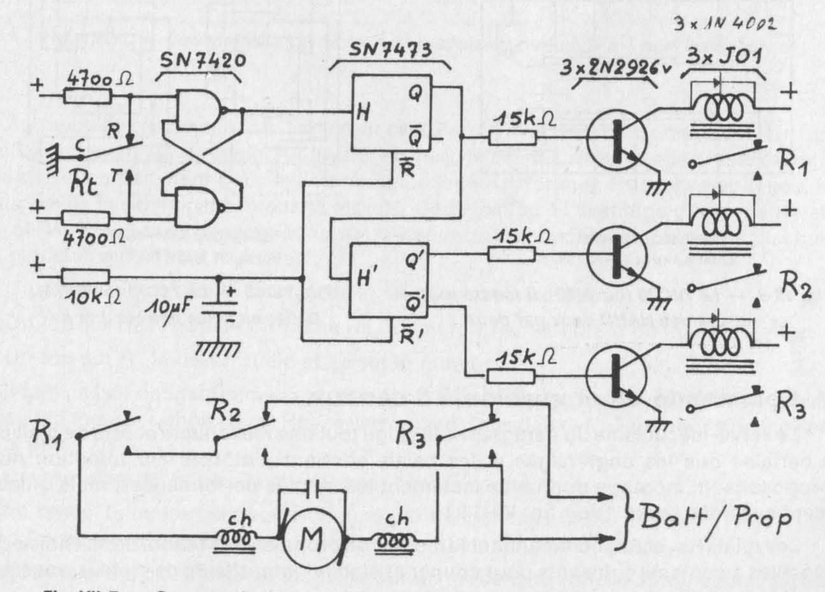
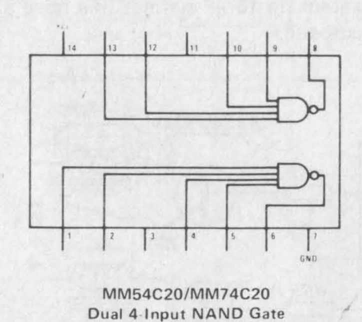


Fig. VII-7. — Commande de propulsion cyclique avec utilisation de circuits logiques.

Nº de l'impulsion	Q	$\overline{Q}$	Q'	$\overline{Q'}$	Moteur	
0	0	1	0	1	Arrêt	Avant
1	1	0	0	1	Marche	
2	0	1	1	0	Arrêt	Arrière
3	1	0	1	0	Marche	
4	0	1	0	1	Arrêt	Avant
5	1	0	0	1	Marche	
6	0	1	1	0	Arrêt	Arrière
------	---	---	---	---		

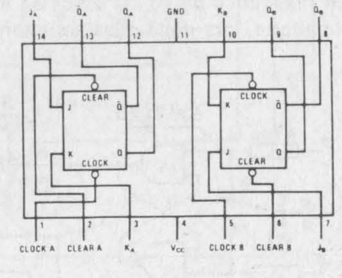
Fig. VII-8. — Tableau des états du montage de la fig. VI-56 et résultats obtenus.

Avec les circuits TTL du schéma, la tension d'alimentation des circuits est impérativement de 5 V. Mais il est très possible de remplacer ces TTL par les circuits C.MOS de nos montages précédents. La consommation est dérisoire et la tension d'alimentation possible de 4 à 12 V. On prendra alors le 74C20 et le 74C73, de NS. (Même brochage que les 7420 et 7473.) (Voir fig. VII-9 et VII-10.)



MM54C20/MM74C20
Dual 4-Input NAND Gate

Fig. VII-9. — Le 74C20 (ou 7420). Il faudra relier les entrées des NAND deux par deux.



MM54C73/MM74C73
Dual J K M/S Flip Flop

Fig. VII-10. — Le 74C73 (ou 7473). Relier au + les entrées J et K.

V. Commande de propulsion à 3 canaux.

Le servo-mécanisme du paragraphe III exige tout une mécanique et cela ne plaît pas à certains que les engrenages et les balais effraient plutôt. A leur intention nous proposons un montage donnant exactement les mêmes performances, mais uniquement avec des relais. (Voir fig. VII-11.)

Les relais Rs_1 et Rs_2 commandent le moteur de propulsion. Il faudra donc choisir des modèles à contacts suffisants pour couper et établir l'intensité de ce moteur, sans trop souffrir.

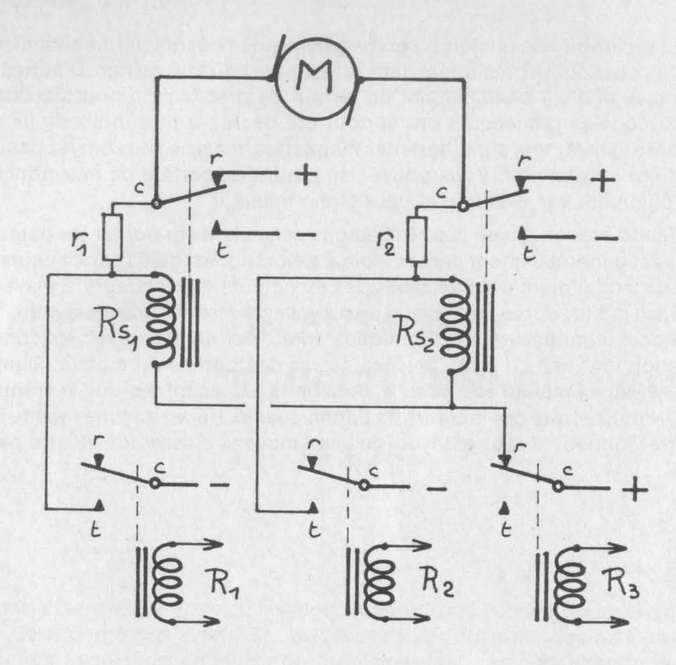


Fig. VII-11. — Commande d'un moteur de propulsion par relais à 1 seul inverseur.

Au repos de ces deux relais, le moteur est à l'arrêt, avec ses deux pôles au +. Un top sur R_1 enclenche Rs_1 et le moteur tourne en marche avant. La résistance r_1 est déterminée expérimentalement pour maintenir au collage Rs_1 lorsque R_1 revient au repos, le maintien se faisant ainsi à intensité réduite. Cette astuce a l'avantage de permettre en Rs_1 et Rs_2, l'utilisation de relais simples inverseurs, plus courants et moins coûteux que les modèles à contacts multiples.

Un top sur R_3 coupe le retour de Rs_1 et le ramène au repos.

Un top sur R_2 verrouille de même Rs_2 et fait tourner le moteur en marche arrière.

Un top sur R_3 le déverrouille et arrête le moteur.

Il faut passer obligatoirement par l'arrêt pour un changement de marche (ce qui est tout à fait logique) sinon Rs_1 et Rs_2 se verrouillent tous deux et... le moteur s'arrête, les deux pôles au —.

Déverrouiller alors par R_3 et redonner l'ordre désiré.

Au repos, le moteur est court-circuité par les contacts repos de Rs_1 et Rs_2 : il est donc freiné électriquement, car il débite alors dans un court-circuit.

Nous avons ainsi, utilisé ce montage sur un modèle de voiture automobile : l'arrêt étant accompagné d'un freinage énergique, très utile dans les évolutions.

Comme on le voit, les quelques servo-mécanismes décrits permettent de résoudre les principaux cas qui se présentent dans la technique du tout ou rien. D'autres modèles sont possibles et c'est certainement un terrain de prédilection pour l'amateur ingénieux. Les modèles précédents ont surtout été décrits à titre indicatif. Ils nous ont donné entière satisfaction sur différentes maquettes, mais ne vous croyez pas obligé de les reproduire servilement. Vous pouvez au contraire, partant de leur principe, faire différent, plus petit par exemple et peut-être... mieux !!

La difficulté essentielle de ces réalisations consiste à surmonter les parasites produits, souvent généreusement par les moteurs électriques, qu'ils soient petits ou gros. Bien séparer leur alimentation de celles des récepteurs et décodeurs. Essayer d'éliminer les parasites à la source : le moteur, en disposant entre ses bornes et entre bornes et masse, de bons condensateurs céramiques. Intercaler en série avec les conducteurs d'alimentation, des selfs d'arrêt, placées au ras des bornes du moteur. Dans les cas extrêmes, y placer même des circuits bouchons LC accordés sur la fréquence du récepteur. N'utiliser que des moteurs de bonne qualité. Hélas, aucune recette infaillible ne peut être donnée : il faut essayer tous ces moyens classiques et... ne pas perdre patience !!

Chapitre 8 UN ENSEMBLE PROPORTIONNEL DIGITAL LE TF6/76

Nous voici arrivés au terme de nos descriptions, avec l'ensemble le plus évolué de la gamme, celui dont nous avons dit, au début de cet ouvrage, que sa technologie est certainement la solution définitive du problème de la radiocommande des modèles réduits.

Ses deux caractéristiques essentielles sont ;

— La proportionnalité des commandes, les gouvernes suivant fidèlement, au degré près, les positions des manches de commande.

— La simultanéité de ces commandes. Il est possible d'agir sur **six** gouvernes en même temps, sans que l'une réagisse sur l'autre. Ce n'est plus la technique qui limite les possibilités de pilotage, mais bien la dextérité du pilote lui-même !

Voyons comment ces résultats prometteurs sont obtenus :

I. L'émetteur du TF6/76

1. CODEUR à composants discrets

a) **Principes de fonctionnement**

Dans les systèmes dits Digitaux, chaque ordre, c'est-à-dire chaque position imposée à la gouverne considérée de la maquette, est « codé » sous forme d'une durée (d'un temps) ; ce qui se fait matériellement par la fabrication d'une impulsion calibrée (fig. VIII-1).

Tout mouvement imprimé au « manche » de l'émetteur provoque une variation de cette durée. Une certaine standardisation s'est faite sur la valeur de ces temps (fig. VIII-2).

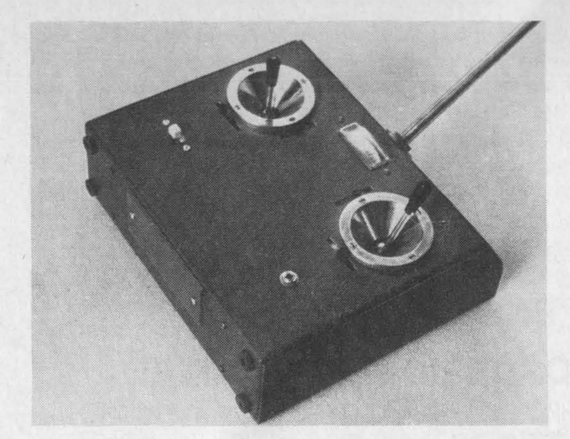


Photo VIII-A. — L'émetteur du TF6/76 en ordre de marche. Remarquer le tiroir enfiché et bloqué.

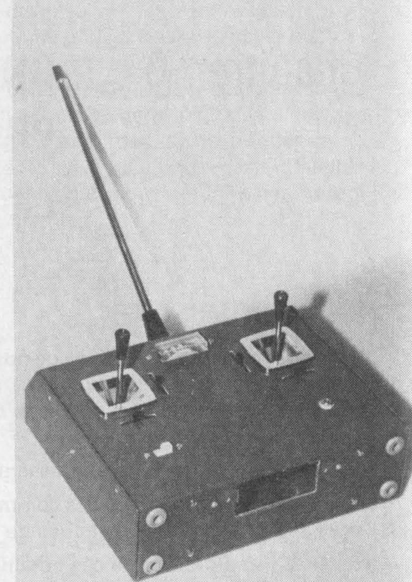


Photo VIII-B. — L'émetteur du TF6, tiroir HF enlevé.

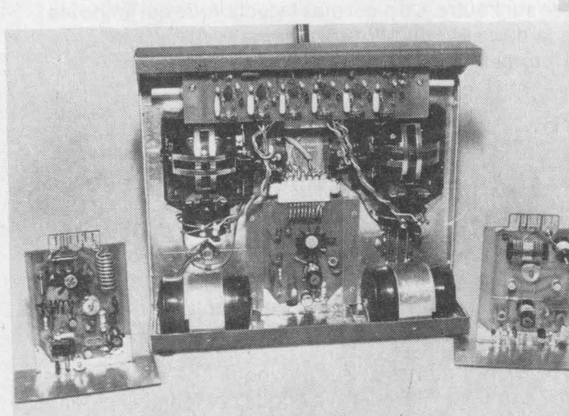


Photo VIII-C. — Vue intérieure de l'émetteur TF6 équipé du codeur à transistors et de la platine HF2. Remarquer les tiroirs HF1 et HF4AM.

Photo VIII-D. — Gros plan sur le codeur à circuits transistorisés.

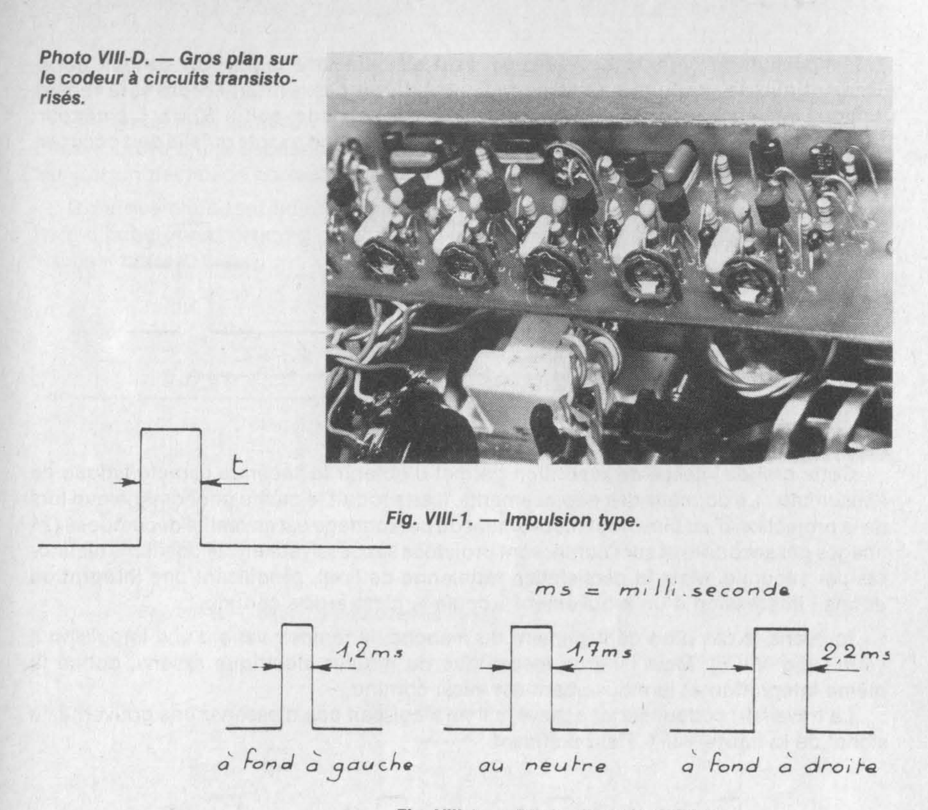


Fig. VIII-1. — Impulsion type.

Fig. VIII-2. — Durée d'une impulsion.

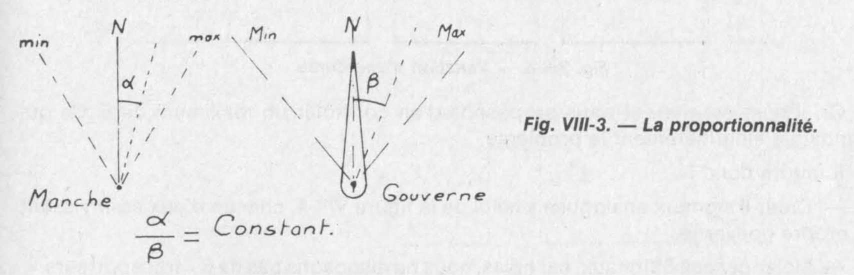


Fig. VIII-3. — La proportionnalité.

La variation est évidemment progressive, passant insensiblement du minimum 1,2 ms, au maximum, 2,2 ms, lors d'un mouvement de bout en bout de la course du manche.

Cette progressivité nous donne la première caractéristique de l'ensemble : la proportionnalité. Ce qui signifie qu'il existe un rapport constant entre l'angle de rotation du manche et l'angle de rotation obtenu sur la gouverne (fig. VIII-3).

L'impulsion de commande a évidemment un caractère fugitif. On conçoit donc aisément que, la produire une seule fois, ne suffirait pas. En fait l'ordre sera répété continuellement et ceci au rythme de 50 fois par seconde, soit à 50 Hz. L'émetteur transmet donc 50 fois par seconde à la gouverne, la position exacte qu'elle doit occuper (fig. VIII-4).

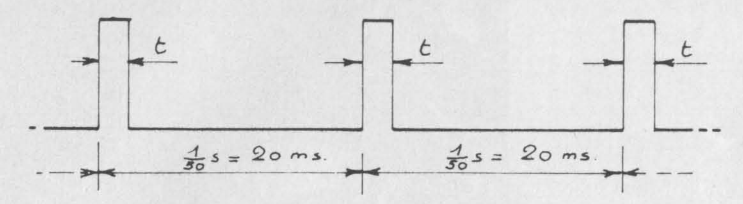


Fig. VIII-4. — Signal de voie.

Cette grande vitesse de répétition permet d'obtenir la seconde caractéristique de l'ensemble : La douceur des déplacements. Il se produit le même phénomène que lors de la projection d'un film : tout mouvement du personnage est en réalité décomposé (24 images par seconde) et sur l'écran, sont projetées successivement, 24 positions distinctes par seconde. Mais la persistance rétinienne de l'œil, produisant une **intégration** donne l'impression d'un mouvement « coulé », c'est-à-dire continu.

Ici, dans le cas d'un déplacement du manche, le temps *t* varie d'une impulsion à l'autre (fig. VIII-5). Mais l'inertie mécanique du moteur électrique asservi, donne la même intégration et le mouvement est aussi continu.

Le travail du codeur serait achevé, s'il ne s'agissait que d'asservir une gouverne, le signal de la figure VIII-4 étant suffisant.

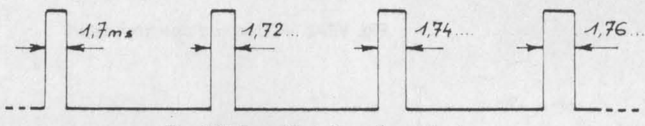


Fig. VIII-5. — Variation d'une durée.

Or, il n'en est rien, et nous proposons d'en contrôler un maximum de 6. Ce qui complique singulièrement le problème.

Il faudra donc :

— Créer 6 signaux analogues à celui de la figure VIII-4, chacun d'eux asservissant sa propre gouverne.

— Mélanger ces 6 signaux, car hélas, nous ne disposons pas de 6 « transporteurs ». Un seul rayonnement hertzien est disponible et c'est lui le « transporteur » unique, qui prend livraison des 6 ordres, soigneusement mélangés de telle manière qu'à l'arrivée, la distribution soit aisée, chaque gouverne recevant bien l'ordre qui lui convient.

L'astuce trouvée est la suivante : nous profiterons de l'intervalle de temps laissé libre à la fin de la première impulsion (20 ms — 1,7 ms = 18,3 ms au neutre) pour y caser les impulsions suivantes. Les 6 impulsions étant transmises successivement et dans **un**

ordre connu, ce qui permettra de s'y retrouver à la distribution, le décodeur étant chargé de ce tri (fig. VIII-7).

Un temps mort suffisant est néanmoins nécessaire à ce dernier, entre la fin du dernier ordre d'une séquence et le début du premier de la séquence suivante, pour assurer un décodage correct.

On arrive alors tout naturellement au signal de la figure VIII-6, correspondant au train d'impulsions sortant d'un codeur 6 voies. Les temps t_1 à t_6 sont séparés par des « tops » brefs (0.3 ms).

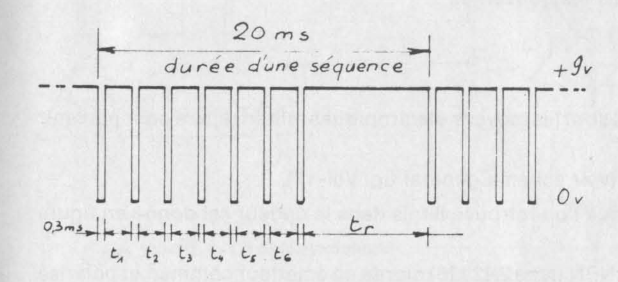


Fig. VIII-6. — Signal d'un codeur 6 voies.

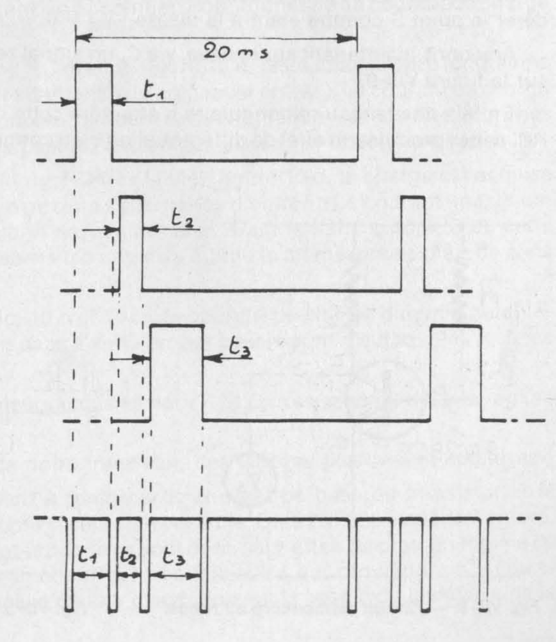


Fig. VIII-7. — Formation du signal.

— Au neutre de toutes les gouvernes, calculons le temps résiduel t_r.

t_r = 20 — (7 x 0,3 + 6 x 1,7) ms
= 20 — (2,1 + 10,2) ms
= 20 — 12,3 = 7,7 ms

— Au maximum de toutes les gouvernes :

t_r = 20 — (7 x 0,3 + 6 x 2,2) ms
= 20 — (2,1 + 13,2) ms
= 20 — 15,3 = 4,7 ms

— Au minimum de toutes les gouvernes :

t_r = 20 — (7 x 0,3 + 6 x 1,2) ms
= 20 — (2,1 + 7,2) ms
= 20 — 9,3 = 10,7 ms

Voyons maintenant quels sont les moyens électroniques mis en œuvre pour parvenir à ce résultat.

b) **Analyse du schéma** (voir schéma général fig. VIII-17).

•**Le montage élémentaire** que l'on retrouve 8 fois dans le codeur est donné en figure VIII-8.

On y trouve un transistor NPN (type 2N2926) monté en émetteur commun et polarisé suffisamment sur la base, par R, pour être en régime de saturation (c'est-à-dire très conducteur).

La résistance de passage collecteur-émetteur est ainsi très faible et l'on peut considérer le point S comme étant à la masse : $V_S = 0$.

Amenons maintenant sur la base, via C, un signal rectangulaire *e*, tel celui dessiné sur la figure VIII-9.

En fait, ce créneau rectangulaire n'atteindra cette base, qu'au travers de la cellule RC, ce qui produira un effet de différentiation bien connu mais moins facile à expliquer.

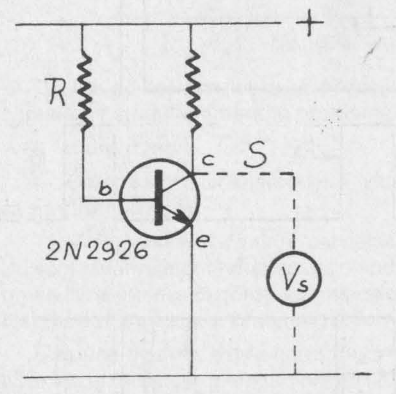


Fig. VIII-8. — Circuit élémentaire au repos.

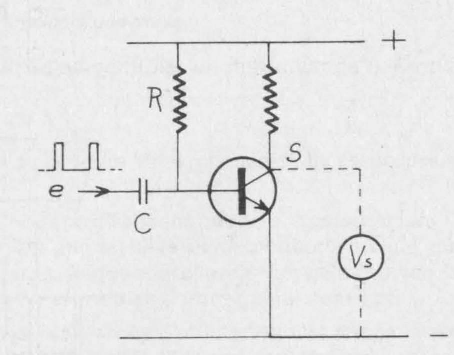


Fig. VIII-9. — Circuit élémentaire au travail.

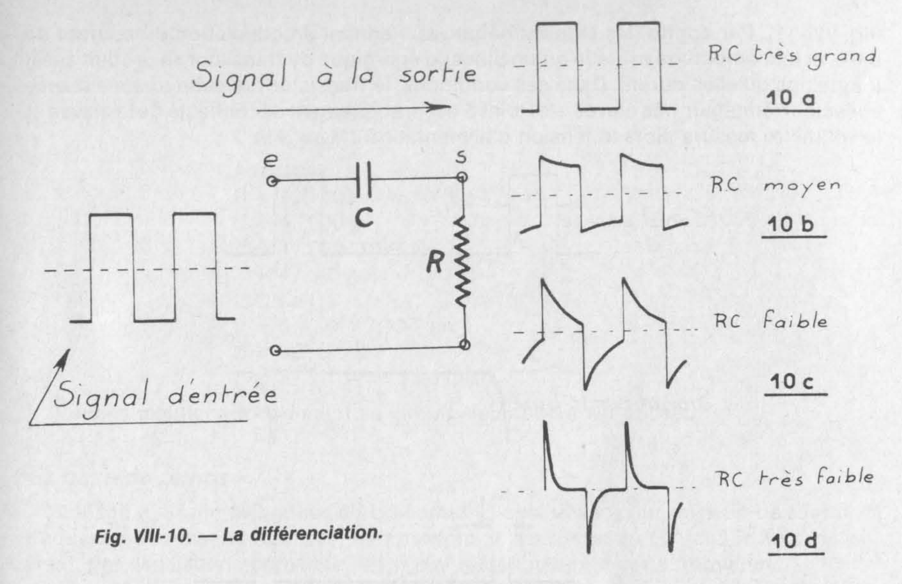


Fig. VIII-10. — La différenciation.

Etudions donc ce phénomène sur la figure VIII-10.

La charge du condensateur C se fait au travers de la résistance R. Aux bornes de celle-ci apparaît donc une différence de potentiel proportionnelle au courant de charge de C (V = RI).

— **Avec R et C grands** (donc RC grand), figure 10 *a*, cette charge dure longtemps (beaucoup plus longtemps que l'alternance du créneau d'entrée). Le courant de charge reste donc important et quasi constant pendant cette alternance : la tension aux bornes de R est presque constante, les paliers horizontaux sont ainsi fidèlement transmis.

— **Avec R et C très petits** (donc RC très faible), figure 10 *d*, la charge est acquise très vite (beaucoup plus vite que ne dure l'alternance d'entrée). Le courant, maximum au flanc avant, diminue très vite et devient nul bien avant le flanc arrière. D'où cette pointe fine, visible en 10 *d*. L'alternance négative donne la même lancée mais de sens inverse.

— **Avec R et C moyens** (Fig. 10 *b* et 10 *c*), le courant de charge diminue notablement pendant l'alternance, mais sans s'annuler. Les paliers sont d'autant plus inclinés que le RC est faible.

Dans notre montage, les valeurs choisies pour R et C nous placent dans le régime 10 *d*.

Arrivent donc sur la base de notre transistor, des lancées positives et négatives.

Les lancées positives tendent à renforcer le courant de base du transistor et le rendraient plus conducteur encore si cela était possible. Or le 2N2926 étant déjà saturé, on ne peut faire mieux. Ces pointes positives sont donc sans effet. De plus, en régime de saturation, la résistance base-émetteur est très faible, ce qui provoque un « court-circuit » de ces lancées positives, d'où leur disparition sur la base (voir le détail *a* de la

Fig. VIII-11). Par contre, les lancées négatives viennent en opposition du courant de base, et leur amplitude est telle qu'un blocage énergique du transistor se produit aussi longtemps qu'elles durent. Dans ces conditions, le transistor présente une résistance collecteur-émetteur très élevée : le Point S est pratiquement déconnecté de la masse et le voltmètre mesure alors la tension d'alimentation : $V_S = 9$ V.

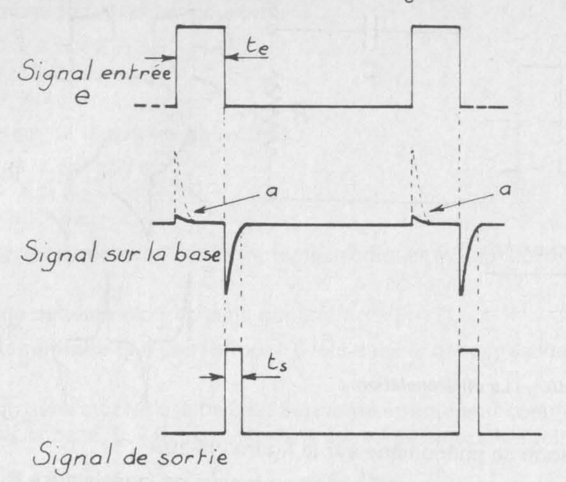


Fig. VIII-11. — Création du signal de voie.

Ainsi la tension en S, nulle en l'absence de signal à l'entrée, passe à + 9 V pendant la durée de la lancée négative.

Sur le collecteur du transistor, apparaît donc un nouveau créneau positif dont le début (flanc montant) coïncide rigoureusement avec le flanc descendant du créneau positif d'entrée.

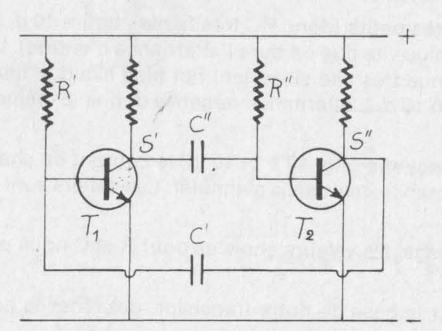


Fig. VIII-12. — Le multivibrateur.

La durée du créneau de sortie est absolument indépendante de celle du créneau d'entrée, cette durée t_s dépendant uniquement de l'importance de la différentiation, donc de R et de C.

La valeur approchée de t_s est donnée par la formule :

$$t_s = 0{,}7\ R.C.$$

avec t_s en secondes (s).
R en ohms (Ω).
C en farads (F).

Ainsi avec :
$R = 100\,000\ \Omega = 10^5\ \Omega$.
$C = 47\,000$ pF
$= 47\,000.\ 10^{-12}$ F
$= 47.\ 10^{-9}$ F.

On a :
$t_s = 0{,}7.10^5.47.10^{-9}$ en s.
$t_s = 0{,}7.47.10^{-4}$.
$= 32{,}9.10^{-4} = 3{,}29$ ms.

Voyons maintenant comment ce circuit élémentaire est utilisé.

La base de temps

Il s'agit d'un multivibrateur d'Abraham et Bloch, ayant pour mission de fournir la fréquence de répétition du train d'impulsions, c'est-à-dire du 50 Hz. Il le fera en délivrant, par oscillation spontanée, un signal rectangulaire à cette fréquence.

Pour réaliser un tel oscillateur, il suffit de réunir 2 montages élémentaires précédents, l'entrée de chacun étant reliée à la sortie de l'autre. L'agitation électronique est suffisante pour assurer le démarrage initial du processus.

En régime établi T_1 reçoit sur sa base, par C', le créneau positif de T_2, il se débloque donc après T_2 mais redébloque ensuite T_2 par C'', etc. Chaque transistor conduit donc quand l'autre est bloqué.

On obtient ainsi sur les collecteurs S et S' les signaux de la figure VIII-13.

Remarquer l'opposition de phase des créneaux.

Le temps t' est déterminé par la constante de temps R' : C' associée à T_1, t'' étant déterminé par R''. C''.

Calculons ces durées avec les valeurs du schéma général :
$t' = 0{,}7\ .\ 47\ .\ 10^3\ .\ 0{,}15\ .\ 10^{-6}$ en s.
$= 0{,}7\ .\ 47\ .\ 0{,}15\ .\ 10^{-3}$
$= 4{,}935\ .\ 10^{-3}$ soit 5 ms environ.
$t'' = 0{,}7\ .\ 100\ .\ 10^3\ .\ 0{,}22\ .\ 10^{-6}$ en s.
$= 0{,}7\ .\ 100\ .\ 0{,}22\ .\ 10^{-3}$
$= 15{,}4\ .\ 10^{-3}$ soit 15,4 ms environ.

La période d'oscillation est donc :
$t' + t'' = 5 + 15{,}4 = 20{,}4$ ms

La résistance R' étant en réalité ajustable (de 22 kΩ à 69 kΩ), cette valeur sera amenée à 20 ms exactement (par comparaison avec le 50 Hz du secteur). Elle définira la durée de la séquence (fig. VIII-6).

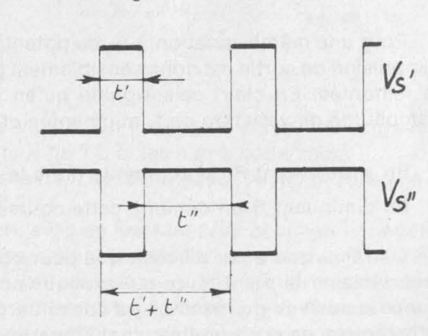


Fig. VIII-13. — Les signaux du multivibrateur.

Générateurs de signaux d'ordre

Nous disposons donc à la sortie de T_2, du signal rectangulaire V_s'' (fig. VIII-13). Ce signal est appliqué à l'entrée d'une chaîne de 6 circuits élémentaires, chacun recevant sur son entrée, le signal fabriqué par son précédent.

Sur chaque collecteur on obtient donc un créneau positif, commençant quand finit celui du précédent et de durée déterminée uniquement par les caractéristiques propres de l'étage considéré (voir fig. VIII-16). Bien remarquer la coïncidence flanc descendant-flanc montant des signaux consécutifs. Attention, le fonctionnement illustré sur cette figure est en 4 voies seulement.

Voyons maintenant comment nous allons obtenir la variation des durées t_1, t_2... Nous savons que

$$t = 0{,}7\ \text{R.C.}$$

Il semblerait donc logique de faire varier soit R, soit C.

Ce n'est pourtant pas ce qui se fait, la variation de C étant impossible et celle de R dévolue à un autre usage.

En fait, un montage potentiométrique permet de recueillir une fraction de chaque créneau rectangulaire avant de l'appliquer à l'entrée de l'étage suivant. C'est la variation de cette fraction qui provoquera la variation de *t* désirée.

On se reportera à la figure VIII-14 qui nous explique le mécanisme de cette variation, beaucoup mieux qu'un long discours.

C'est donc ce potentiomètre qui sera manœuvré par l'intermédiaire du manche. Par contre la variation de R, modifiant le taux de différenciation, modifie la pente de la remontée du potentiel de base (détails *a, b, c* de la fig. VIII-14).

La figure VIII-15 doit permettre de comprendre ce qui se passe :

En assimilant les remontées *a, b, c* à des droites, on a la relation :

$$\text{tg}\ \alpha = \frac{\Delta\ t_s}{\Delta\ V_b}$$

soit :

$$\Delta\ t_s = \Delta\ V_b \cdot \text{tg}\ \alpha$$

Pour une même variation $\Delta\ V_b$ du potentiel de base, la variation $\Delta\ t_S$ de la durée de l'impulsion de sortie est donc sensiblement proportionnelle à la tangente de l'angle de la remontée. En clair, cela signifie qu'en augmentant R, la pente est diminuée et l'amplitude de variation de t_s augmentée et inversement.

En augmentant R on augmente donc la course du servo.

En diminuant R on diminue cette course.

On remarquera par ailleurs, que pour obtenir dans les deux cas le même neutre il faut déplacer le point N, ce qui explique pourquoi le réglage de R modifie en même temps la position du neutre. Il y a donc interdépendance entre le réglage de course (R) et le réglage de position (manche).Toute retouche de la course obligera à un recalage du potentiomètre de manche, pour retrouver le neutre.

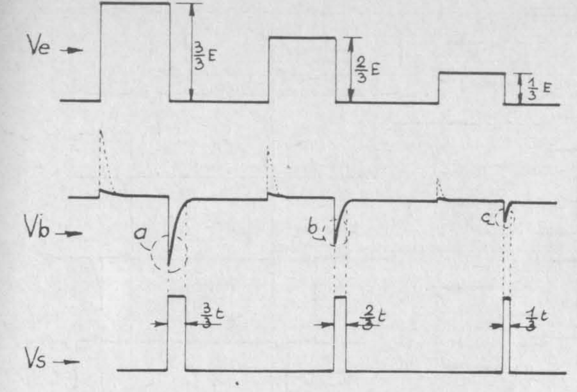


Fig. VIII-14. — Variation de durée.

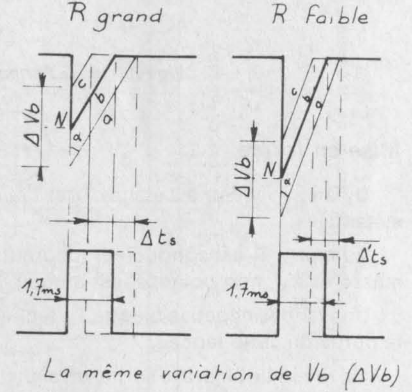


Fig. VIII-15. — La variation de course.

Mélange des ordres

Le principe en est illustré sur la figure VIII-16. On y voit tout d'abord les signaux fabriqués : celui du multivibrateur (collecteur de T_2) et les signaux de voies.

Chaque signal est recueilli par un condensateur de faible valeur (4 700 pF) associé à une résistance de valeur moyenne (47 000 Ω).

Il s'ensuit donc une forte différenciation, avec de fines lancées positives et négatives. Mais toutes les sorties se faisant au travers d'une diode, convenablement orientée, seules passent les lancées négatives. On retrouve ainsi sur la sortie commune, 7 impulsions negatives séparées les unes des autres par les durées t_1 à t_6 de chaque voie.

Les diodes ont aussi pour but d'éviter une réaction d'un étage sur les autres. Ce qui sort de l'un ne pouvant absolument pas rentrer dans un autre.

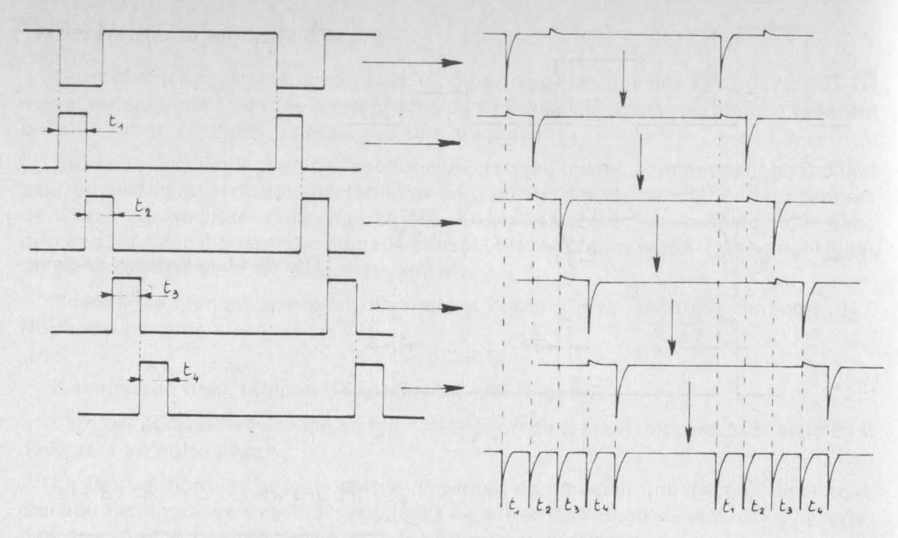


Fig. VIII-16. — Formation du train d'impulsions.

Mise en forme

Un amp cateur à 2 étages T_9 et T_{10}, reçoit sur son entrée, les impulsions négatives mélangées

Au repo T_9 est conducteur (courant de base par la 100 kΩ). Le point *i* est donc à la masse et T_{10}, non polarisé, est bloqué. La tension en *k* est alors de + 9 V environ.

Une lancée négative bloque T_9, lequel débloque T_{10}. Le point *k* passe à 0 V, pendant la durée de cette lancée.

On recueille ainsi à la sortie, un signal parfaitement calibré, en forme et en amplitude (celui de la fig. VIII-6).

La durée des tops de séparation (0,3 ms) est déterminée essentiellement par la valeur de la résistance de base de T_9 (100 kΩ).

Dans les pages qui suivent, nous allons décrire un codeur de technologie beaucoup plus récente que ce premier montage à composants discrets. Nous voudrions cependant indiquer que, hormis l'attrait de la nouveauté du modèle à circuits intégrés, le bon vieux codeur à transistors conserve tout son intérêt et présente même un gros avantage : il permet le calage de chaque voie indépendamment des autres, tant pour le neutre, que pour la COURSE, ce qui, il faut en convenir, est bien pratique. C'est la raison pour laquelle, après pratique des deux versions, nous aurions tendance à vous le conseiller de préférence au séduisant montage que nous allons décrire maintenant.

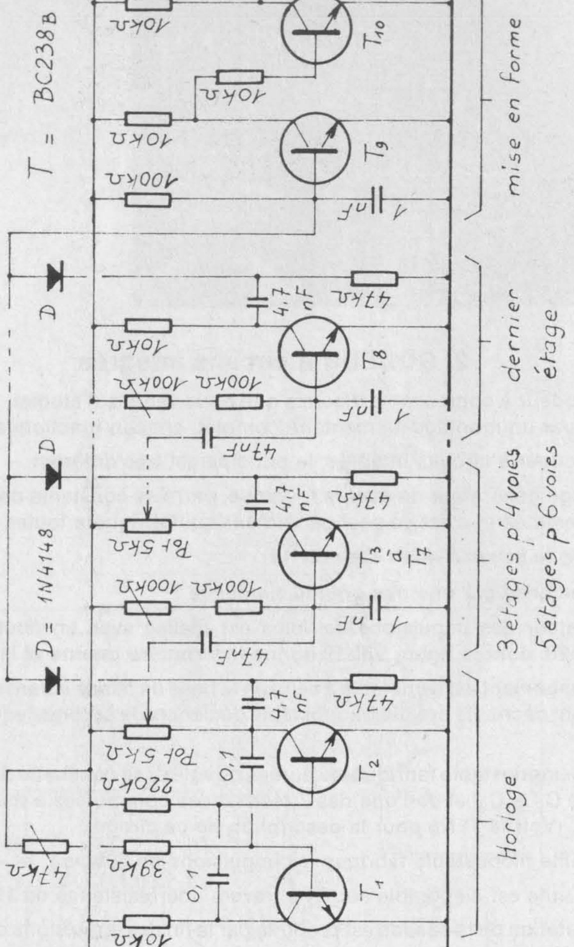


Fig. VIII-17. — Schéma général du codeur à transistors.

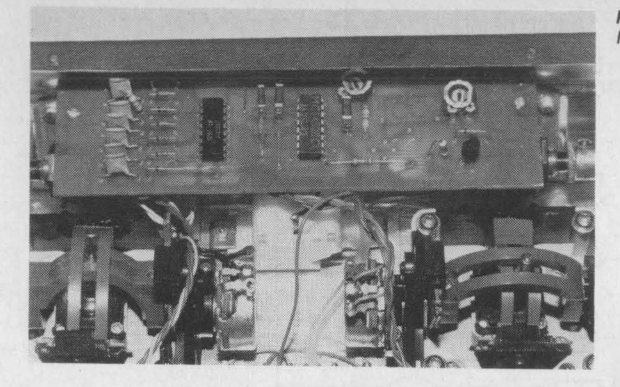


Photo VIII-E. — Gros plan sur le codeur à circuits intégrés.

2. CODEUR à circuits intégrés

Dans le codeur à composants discrets que nous venons d'étudier, chaque temps t est fabriqué par un montage élémentaire complet, chacun fonctionnant à son tour.

Dans le codeur à circuits intégrés, le principe est très différent.

Un montage générateur de durées t, **unique,** verra sa constante de temps périodiquement commutée et c'est ce seul générateur qui fabriquera toutes ces durées.

Examinons le schéma. (Voir Fig. VIII-18).

Il est caractérisé par une très grande simplicité :

Le générateur des impulsions de voies est réalisé avec un double monostable CMOS : le 4528, dont la figure VIII-19 donne la structure interne et le brochage.

Le fonctionnement est semblable à celui de la base de temps à transistors du codeur précédemment décrit : le premier monostable déclenche le second, lequel redéclenche le premier...

Le premier monostable fabrique les durées de voies : sa constante de temps R.C. est constituée de $C_2 + C_2'$ et de l'une des 7 résistances commutées à tour de rôle par la décade 4017. (Voir le TFN8 pour la description de ce circuit).

Le deuxième monostable fabrique les impulsions de 300 μs.

Le signal utile est disponible sur $\overline{Q}_2$ à travers une résistance de 15 kΩ.

La commutation de la décade est produite par la fin des impulsions de 300 μs (fronts montants) prélevées sur Q_1.

Notons que les entrées A du 4528 sont sensibles aux fronts montants, tandis que les entrées B, le sont sur les fronts descendants.

Lorsque le compteur 4017 a fourni sa 7ᵉ impulsion, (sortie s_6 à 1) la fin de cette impulsion faisant passer s_7 à 1 provoque le recyclage instantané de la décade s_7 étant reliée à l'entrée de remise à zéro (Reset). On obtient ainsi $s_0 = 1$ et c'est la première des 7 résistances qui est branchée. Cette résistance de valeur plus élevée, (390 kΩ contre 65 kΩ en moyenne) donne une durée beaucoup plus longue, (10 ms contre 1,7 ms) servant de temps de séparation des trains d'impulsions de 300 μs.

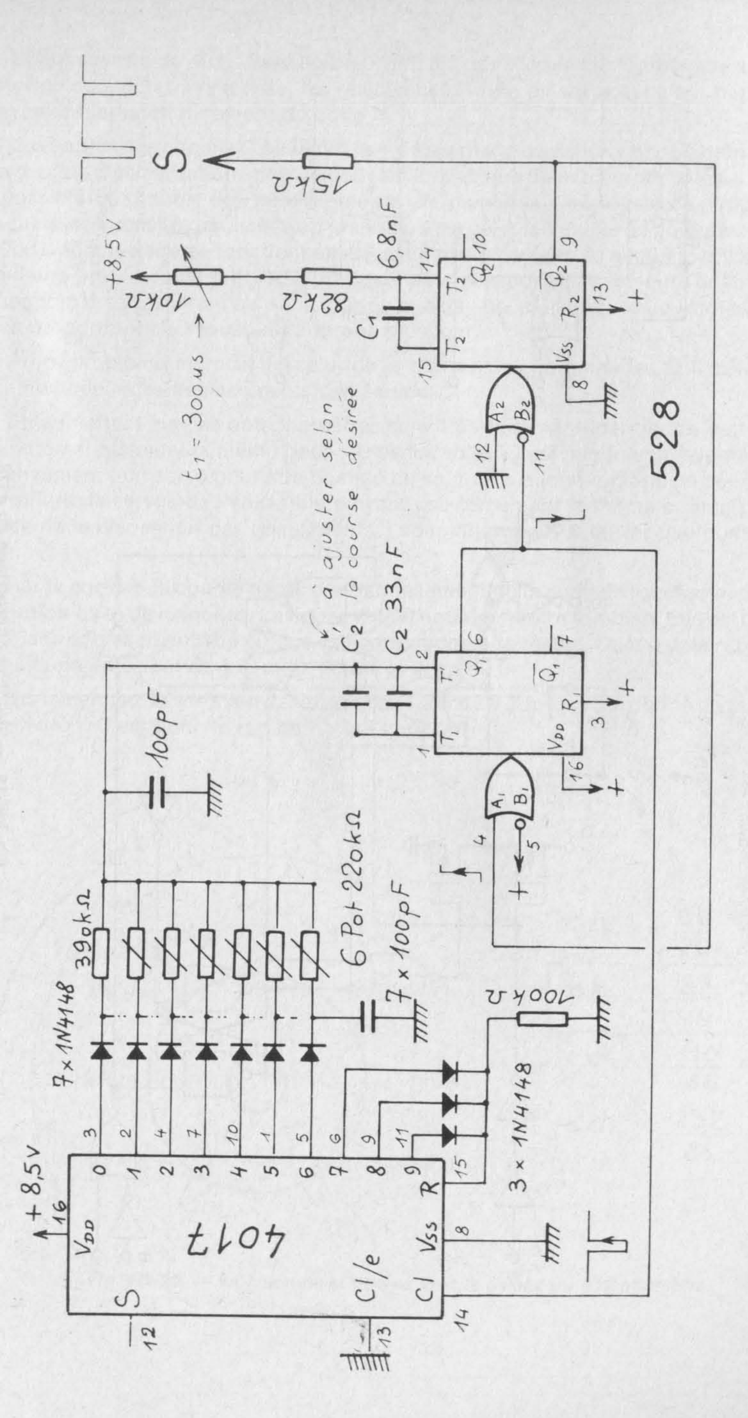


Fig. VIII-18. — Schéma complet du codeur C. MOS.

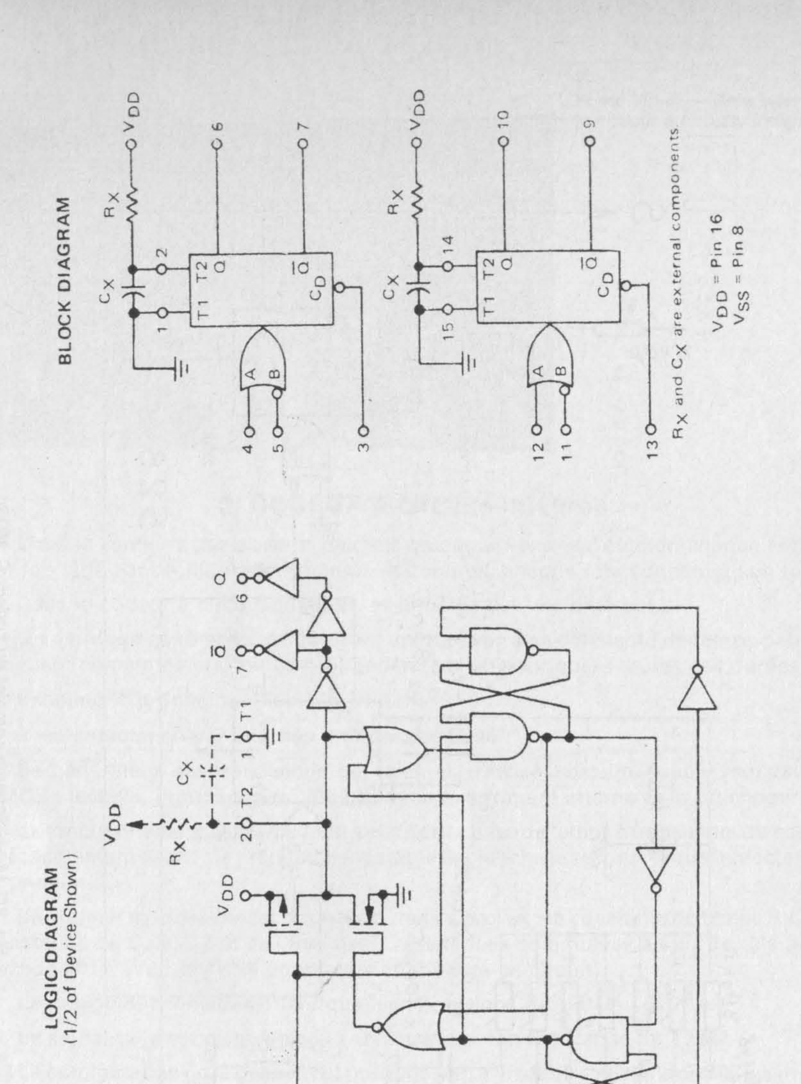


Fig. VIII-19. — Structure et brochage du 4528.

Chaque sortie du 4017 étant soit à 0, soit à 1, les diodes sont indispensables pour éviter de connecter à la masse, les résistances R non en service, ce qui perturberait gravement le fonctionnement du codeur.

Les sorties des circuits C.MOS ont le gros avantage de délivrer des signaux calibrés à la tension d'alimentation, mais ne peuvent fournir que de faibles intensités. Il est donc impossible de monter des potentiomètres de manches classiques, de 4700 Ω, avec lesquels les intensités seraient trop grandes. Il est donc fait usage de potentiomètres de 220 kΩ, dont la zone de fonctionnement est à peu près centrée sur 65 kΩ. Nous avons d'ailleurs profité de ce problème pratique, pour résoudre simplement l'adaptation de potentiomètres bien français et de grande qualité, aux mécaniques courantes de manches proportionnels. Nous en parlerons plus loin.

Autre problème important : celui de *la course* des commandes, qui déterminera « l'amplitude » des déplacements des servos.

En admettant que les potentiomètres soient parfaitement identiques, cette course est automatiquement la même pour toutes les voies. C'est à la fois un avantage et un inconvénient : un servo peut être changé de voie sans aucun réglage de course, mais les différents servos de l'ensemble n'ayant pas forcément la même course propre, à cause de la dispersion des composants, l'adaptation peut soulever quelques problèmes.

Sur le codeur, la course dépend essentiellement de la zone de fonctionnement des potentiomètres de manches. La figure VIII-20 nous le montre fort bien. Elle est dessinée pour des déplacements de 60°, ce qui correspond à la réalité. De d à d, le rapport des valeurs extrêmes est de 1,5, mais de a à a, il est de 3.

Normalement, la variation désirée est de 1,2 ms à 2,2 ms, ce qui donne un rapport de 1,8 environ. C'est donc la région bb qui convient.

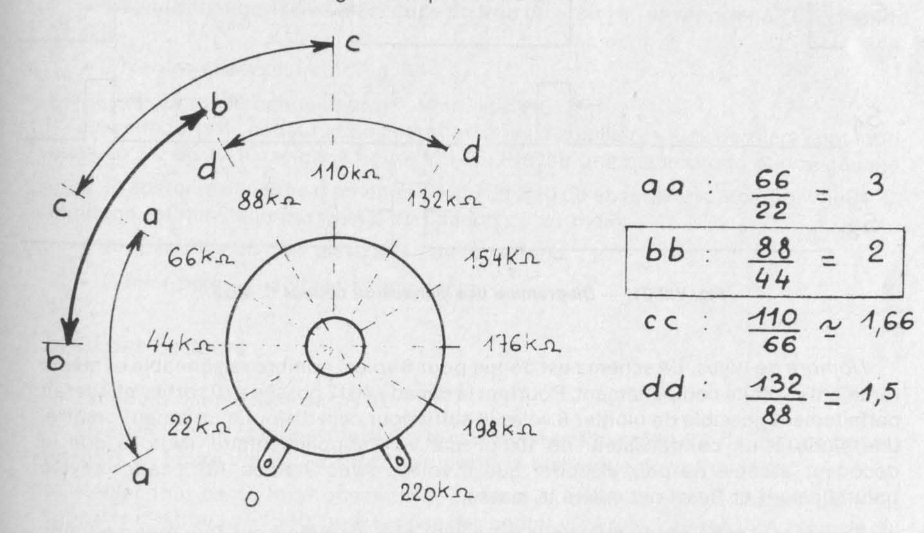


Fig. VIII-20. — Variation de la course avec le calage du potentiomètre.

Evidemment le changement de région, s'il agit sur la course, agit aussi sur la valeur du neutre : s'il est de 1,7 ms en a/c, il passe à 1,1 ms en b et à 2,2 ms en b/d. Pour compenser cette variation, il faut modifier la valeur de C_2. Pour faciliter cette mise au point, le CI permettra la pose de deux condensateurs en parallèle. En augmentant C_2, on doit diminuer R pour retrouver la même durée : le potentiomètre travaille dans une zone donnant alors plus de course.

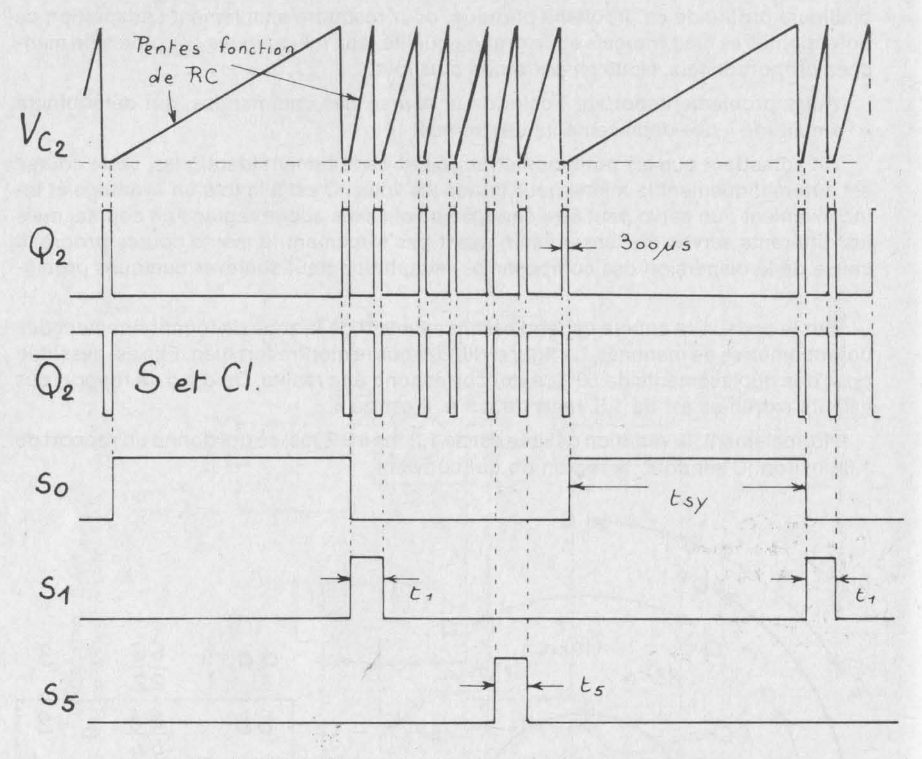


Fig. VIII-21. — Diagramme des signaux du codeur C. MOS.

Nombre de voies. Le schéma est donné pour 6 voies, nombre raisonnable et même rarement exploité complètement. Pourtant la décade 4017 possède 10 sorties et il serait parfaitement possible de monter 9 voies. Il suffit pour cela d'ajouter un potentiomètre, une diode et un condensateur de 100 pF par voie supplémentaire. (Notons que le décodeur associé ne peut décoder que 8 voies). Avec 9 voies, la decade recycle naturellement et Reset est relié à la masse

Terminons cette étude théorique en disant que, comme pour tous nos codeurs, l'alimentation est stabilisée à + 8,5 V, par zener et transistor. C'est important, car l'intensité dans R dépend de la tension de sortie de la décade, laquelle est précisément... celle de l'alimentation.

NB. Contrairement à un codeur classique, où c'est la durée de la sequence qui est constante (20 ms), ici c'est le temps de synchronisation qui l'est (10 ms environ). Cette particularité, si elle contrarie quelque peu les observations à l'oscilloscope, facilite le décodage et c'est tout de même autrement important.

• Pour éviter un curieux phénomène de blocage du codeur à la mise sous tension, dans le cas où le 4017 utilisé a tendance à se positionner avec, soit la sortie 9, soit la 8 au niveau 1, ces sorties sont reliées avec la sortie 7 à la ligne de remise à zéro, celle-ci étant normalement au niveau bas par la résistance de 100 kΩ. Pour supprimer des voies, relier la cathode des diodes à la ligne de remise à 0. Pour ajouter des voies (8 maximum avec le décodeur associé) il faudrait déconnecter la diode de cette ligne et lui faire alimenter un potentiomètre supplémentaire.

3. Réalisation de l'émetteur

a) Le boîtier

Se reporter à la Fig. VIII-22.

La technique de fabrication ayant été développée, nous n'y reviendrons pas.

• Tracer très soigneusement.

• Découper contours et trous divers. Fignoler les fentes de Trim.

• Plier. (Attention : pour la découpe du trou du tiroir HF, se reporter à TF1, chapitre VI, § Ia).

• Fixer les glissières. Voir Fig. IV-4.

Les supports de connecteur HF. Voir Fig. IV-5.

Les supports de codeur et de potentiomètres d'auxiliaires. Ces derniers sont fabriqués en alu de 10/10, selon la figure VIII-23. Prévoir une pièce droite et une gauche.

• Préparer le blindage d'antenne en alu de 5/10 ou en fer blanc. Voir fig. VIII-24. Ce blindage est maintenu par les vis de fixation du vu-mètre.

• Préparer les colliers de fixation de la batterie.

• Gainer partie principale et couvercle.

b) CI des codeurs

En époxy simple face de 15/10.

Le modèle pour composants discrets est donné en figure VIII-25. Celui pour circuits intégrés en figure VIII-26. Réalisation suivant la technique de votre choix.

Régler tout de suite la question de la fixation dans le boîtier. Percer dans les supports des trous de 15/10, pour la prise des petites vis à tôle. Laisser 1/2 à 1 mm de jeu entre le haut du CI et la tôle d'alu.

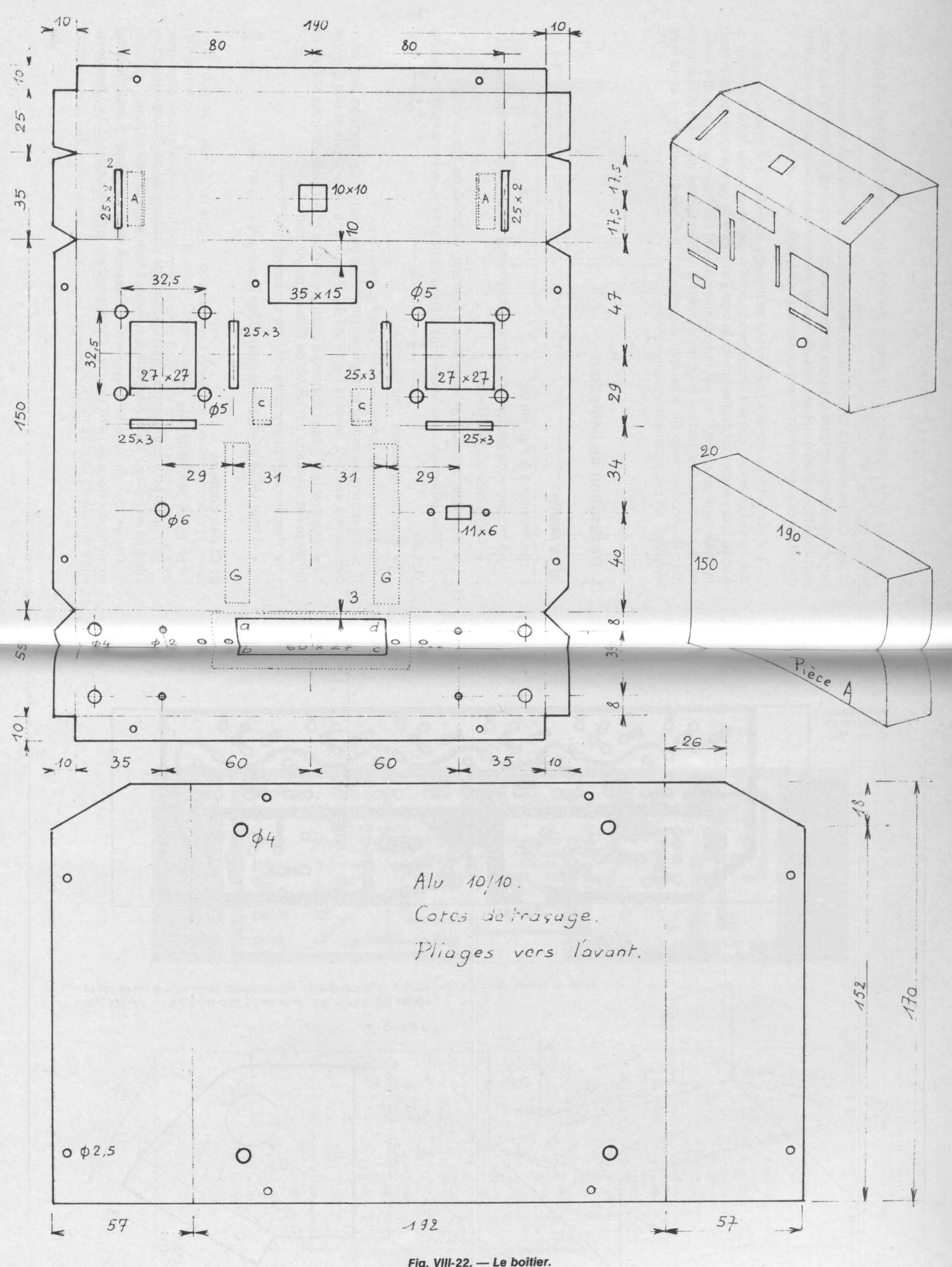


Fig. VIII-22. — Le boîtier.

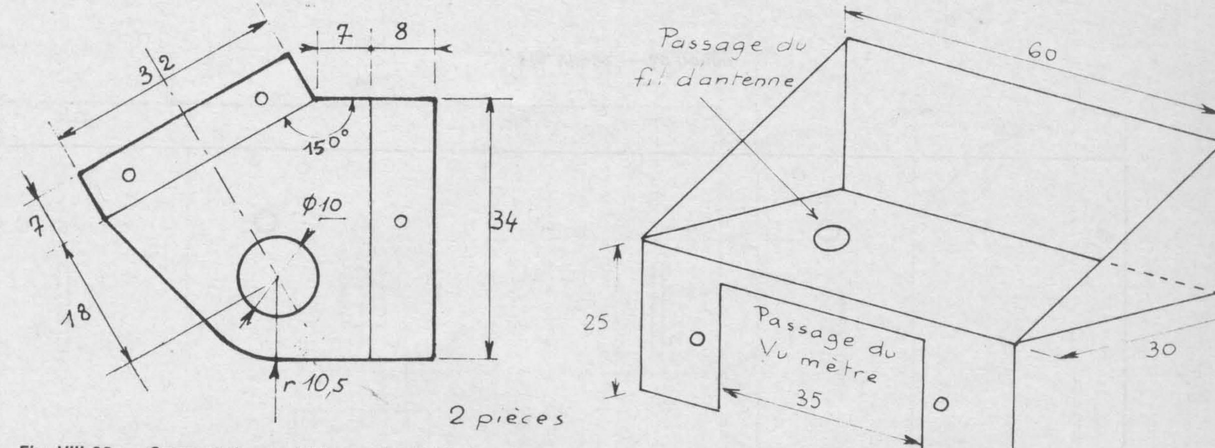


Fig. VIII-23. — Support des auxiliaires. Alu. 10/10. Un pliage avant et un arrière. Une pièce droite, une gauche.

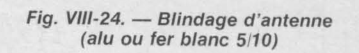


Fig. VIII-24. — Blindage d'antenne (alu ou fer blanc 5/10)

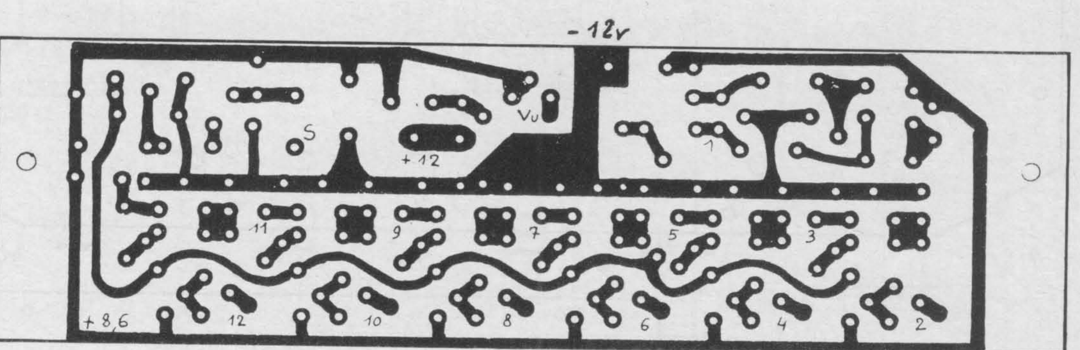


Fig. VIII-25. — CI du codeur à transistors.

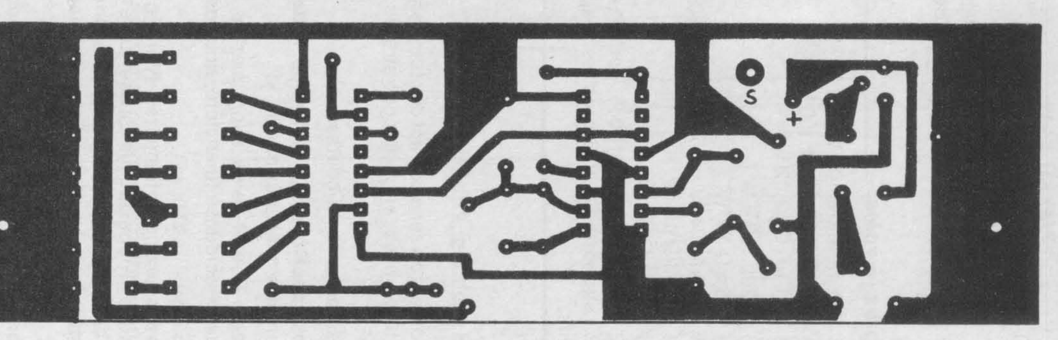


Fig. VIII-26. — Le CI du codeur C. MOS.

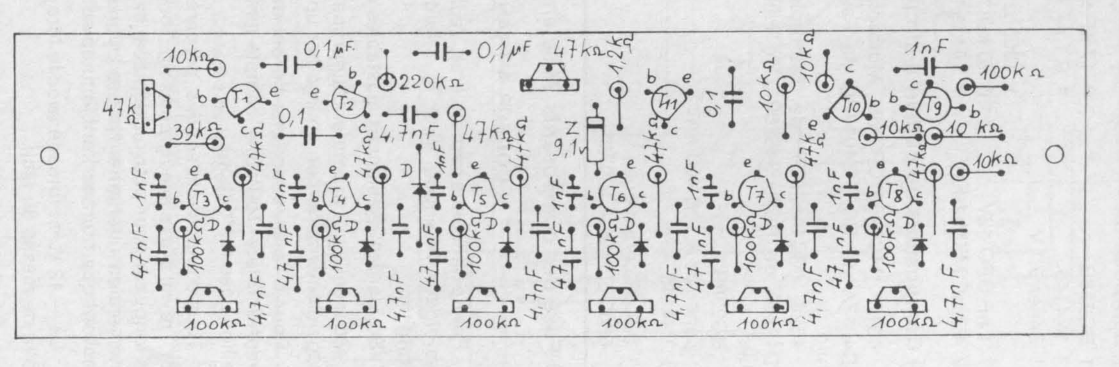


Fig. VIII-27. — Composants, codeur à transistors.

c) Composants du codeur à transistors (6 voies)

11 BC238B	6 47 nF MKM 100 V	7 47 kΩ 1/4 W
7 1N4148	4 0,1 μF MKM 100 V	7 100 kΩ 1/4 W
1 Zener 9,1 V		1 220 kΩ 1/4 W
	1 1200 Ω 1/4 W	2 47 kΩ Pot/Aj E086 debout
7 1 nF GFO 12V	6 10 kΩ 1/4 W	6 100 kΩ Pot/Aj E086 debout
7 4,7 nF MKM 100 V	1 39 kΩ 1/4 W	

d) Composants du codeur à circuits intégrés (6 voies)

1 4017 (MC14017CP de Motorola, CD4017A de RCA, 34017PC de Fairchild...)	1 33 nF MKM 100 V (C_2)
	1 10 à 22 nF MKM 100 V (C_2')
	1 0,1 μF GFO 12 V
1 4528 (MC14528CP de Motorola, CD4528A de RCA, 34528PC de Fairchild...)	1 1200 Ω 1/4 W
	1 15 kΩ 1/4 W
1 BC238B	1 82 kΩ 1/4 W
1 Zener de 9,1 V, 400 mW	1 100 kΩ 1/4 W
10 1N4148	1 390 kΩ 1/4 W
	2 Pot/aj de 10 kΩ, E086, couchés
8 100 pF céramiques	2 supports DIL, 16 broches. Facultatifs.
1 6800 pF MKM 100 V	

e) Pose des composants. Mise en service

CODEUR A TRANSISTORS (Voir Fig. VIII-27)

Pas de difficultés particulières. Veiller évidemment au sens correct des transistors et des diodes. Attention, pour T_2, il faut plier le fil de base, en sens contraire du sens d'origine.

Souder les résistances ajustables et les positionner à mi-course.

Pour ceux qui voudraient supprimer des voies, rappelons qu'il faut garder le **dernier** étage élémentaire, non chargé par un potentiomètre, mais par une 10 kΩ.

Pour 5 voies, supprimer l'avant-dernier étage. Pour 4 voies, supprimer les deux avant-derniers. Toutefois, compte tenu de la faible incidence financière, nous déconseillons ces restrictions.

Tous composants soudés, préparer les liaisons aux potentiomètres. (Voir fig. VIII-28). Travail à faire avec grand soin. Torsader chaque groupe de 3 fils. Laisser juste assez de longueur pour pouvoir déplacer sans gêne le circuit imprimé, pour une éventuelle intervention ultérieure. Ne pas oublier cependant que des longueurs excessives ne peuvent que nuire au fonctionnement.

Le — 12 V est torsadé avec le toron du potentiomètre d'ailerons, pour rejoindre le point de masse du jack.

Le + 12 V est lui, torsadé avec le toron du potentiomètre de direction et rejoint le 74M.

La liaison codeur-connecteur est faite avec un petit fil blindé, gainé plastique et souple. Pour le vu-mètre, 2 fils torsadés souples.

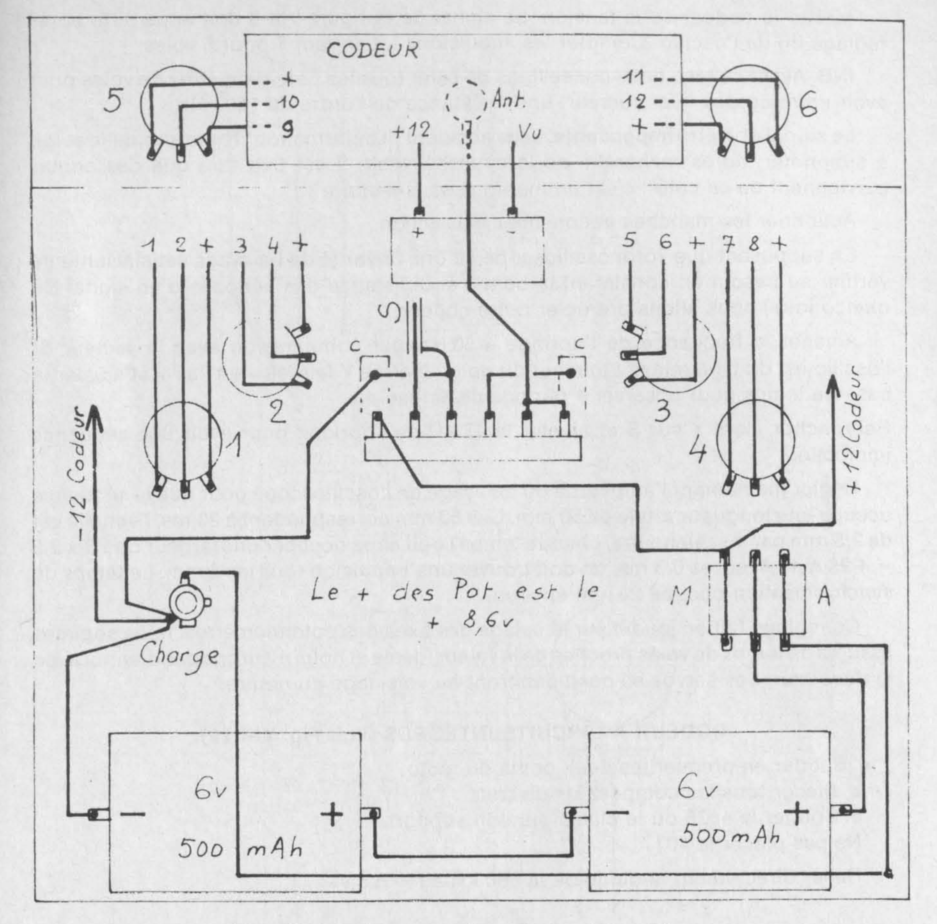


Fig. VIII-28. — Interconnexions. Codeur à transistors.

Les torons des potentiomètres d'auxillaires juste assez longs pour pouvoir rabattre à 90°, le circuit du codeur.

Ces liaisons terminées, le travail devrait avoir l'allure de netteté qui caractérise le câblage professionnel. (A l'occasion, jetez donc un coup d'œil sur un matériel de ce genre et... prenez-en de la graine !)

Essai

L'instant est venu de tester cette première platine. **Seul l'oscilloscope** en est capable.

Brancher l'entrée Y (verticale) à la sortie S du codeur. Relier les masses, évidemment. Balayage sur 50 Hz environ.

Mettre le codeur sous tension. Le signal de la figure VIII-6 doit apparaître après réglage fin de l'oscillo. Compter les impulsions : il en faut 7 pour 6 voies.

(NB. Avant ce test, nous conseillons de caler tous les potentiomètres de voies pour avoir entre cosses + et curseur, une résistance de l'ordre de 1500 Ω).

Le signal doit être **impeccable,** sans accident ni déformation. Toute anomalie serait à supprimer, après recherche de la cause. En fait, il est très rare que des ennuis surviennent de ce côté : c'est un montage sans histoire !

Actionner les manches et constater leur action.

En supposant que votre oscilloscope ait une linéarité de balayage satisfaisante (le vérifier au besoin en constatant la bonne équidistance des périodes d'un signal BF quelconque) nous allons prérégler notre codeur.

Amener la fréquence de l'horloge à 50 Hz, par comparaison avec le secteur Si l'oscillo est du type relaxé : toucher du doigt l'entrée Y laissée « en l'air » et ajuster la base de temps pour observer 1 période de sinusoïde.

Rebrancher alors Y sur S et ajuster la 47 kΩ de l'horloge pour avoir une séquence immobile.

Régler maintenant l'amplitude du balayage de l'oscilloscope pour que la séquence occupe une longueur totale de 50 mm. Ces 50 mm correspondant à 20 ms, l'échelle est de 2,5 mm par ms. Au neutre, chaque temps t doit alors occuper une largeur de 1,7 x 2,5 = 4,25 mm. Avec les 0,3 ms, on doit trouver une impulsion tous les 5 mm. Le temps de synchronisation occupe 20 mm environ.

Ce réglage fait en jouant sur le calage des axes des potentiomètres, nous sommes assurés de temps de voies proches de la valeur idéale et nous n'aurons pas d'ennui avec le décodeur. Les servos se positionneront au voisinage du neutre.

CODEUR A CIRCUITS INTEGRES (Voir Fig. VIII-29)

- Souder en premier les deux ponts du recto
- Placer tous les composants discrets.
- Souder le 4528 ou le placer sur son support.

Ne pas placer le 4017.

Relier directement la diode de la 390 kΩ au + 8,5 V.

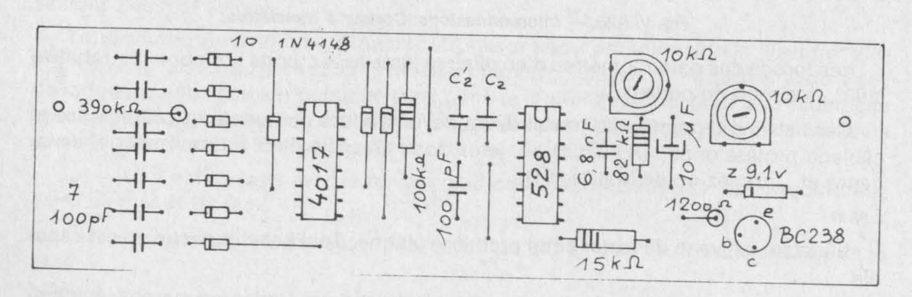


Fig. VIII-29. — Pose des composants du codeur C. MOS.

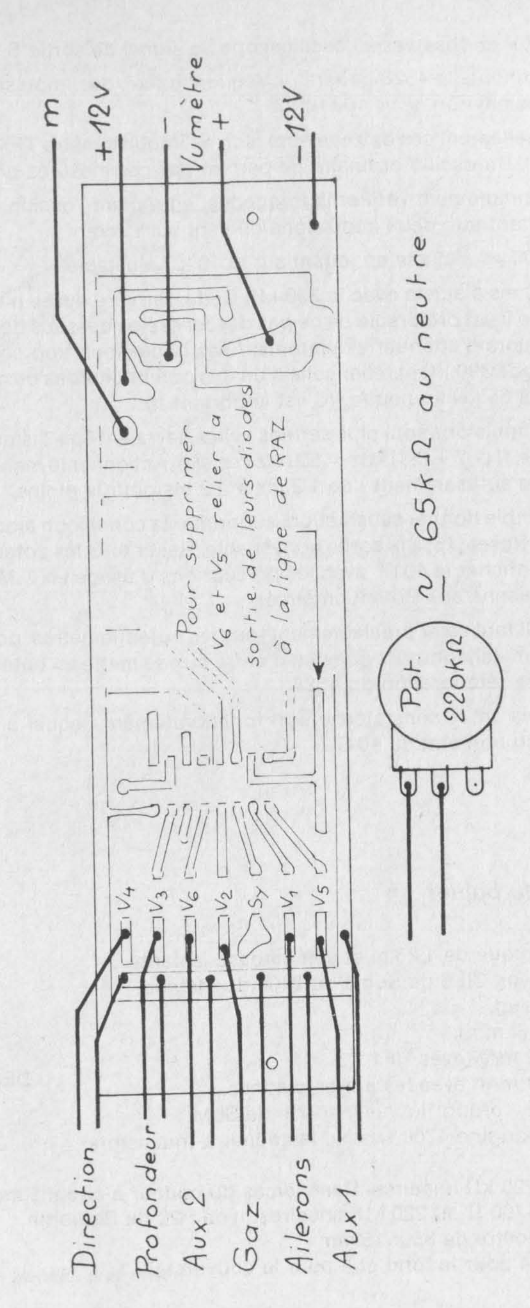


Fig. VIII-30. — Liaisons codeur intégré.

Relier au ± 12 V et observer à l'oscilloscope, le signal de sortie S.

Dans ces conditions, le 4528 génère, à fréquence fixe, des impulsions de 300 μs, distantes de 10 ms environ. (F = 100 Hz)

Vérifier éventuellement ces deux valeurs (soit à l'impulsiomètre TFX1, soit à l'oscilloscope étalonné). Un oscillo ordinaire ne permet pas ces mesures précises.

On peut, tout simplement vérifier la fréquence, en réglant l'oscillo sur 50 Hz (secteur) et en constatant que deux impulsions défilent sur l'écran.

La durée de 300 μs s'ajuste en jouant sur la 10 kΩ ajustable.

La durée de 10 ms s'ajuste avec la 390 kΩ. Cette dernière durée n'est pas du tout critique, par contre il est préférable de ne pas descendre en dessous des 300 μs, car le récepteur risque alors d'atténuer exagérément ces impulsions trop courtes.. Déconnecter la diode/390 kΩ et relier celle d'un des potentiomètres de manches. Caler ce potentiomètre à 65 kΩ au neutre. (C'est important !!).

Cette fois, les impulsions sont plus serrées : elles devraient être distantes de 1,7 ms. La fréquence est de 1/ (1,7 + 0,3) kHz = 500 Hz ($\simeq$ si_3). Actionner le manche et voir si la durée de voie varie suffisamment : de 1,2 ms à 2,2 ms pour le moins.

Si le codeur semble donner satisfaction, supprimer la connexion ajoutée ci-dessus. Relier, côté cuivre Reset (15) à la sortie convenable. Relier tous les potentiomètres et... enfin, souder ou enficher le 4017, avec les précautions d'usage en C.M.O.S. (Voir fig. VIII-30, pour les liaisons aux Potentiomètres).

NB. Attention : Il faut caler préalablement tous les potentiomètres, pour avoir 65 kΩ au neutre. Il serait malencontreux que l'un d'entre eux se mette en butée, à résistance nulle, car il y aurait détérioration du 4528.

Mettre sous tension et constater le bon fonctionnement, lequel à ce niveau, ne dépend plus que du bon état du 4017.

f) Composants du boîtier

1 antenne telescopique de 1,25 m et son embase isolante.
1 connecteur HF type CIL6 de Sogié ou 2406 de Métallo.
1 74M de Jeanrenaud.
1 Jack et sa fiche (4 mm).
2 batteries 6 V 250 mAh avec HF1
6 V 500 mAh avec les autres platines. DEAC ou VARTA
2 manches doubles, proportionnels, en kit, de SLM
4 potentiomètre d'origine 4700 Ω avec le codeur à transistors.
ou
4 potentiomètres 220 kΩ linéaires. Dans le cas du codeur à circuits intégrés.
2 potentiomètres 4700 Ω ou 220 kΩ, linéaires, type P20 de Radiohm.
1 vu-mètre pour fenêtre de 35 x 15 mm.
8 pieds plastique (4 pour le fond et 4 pour le couvercle).

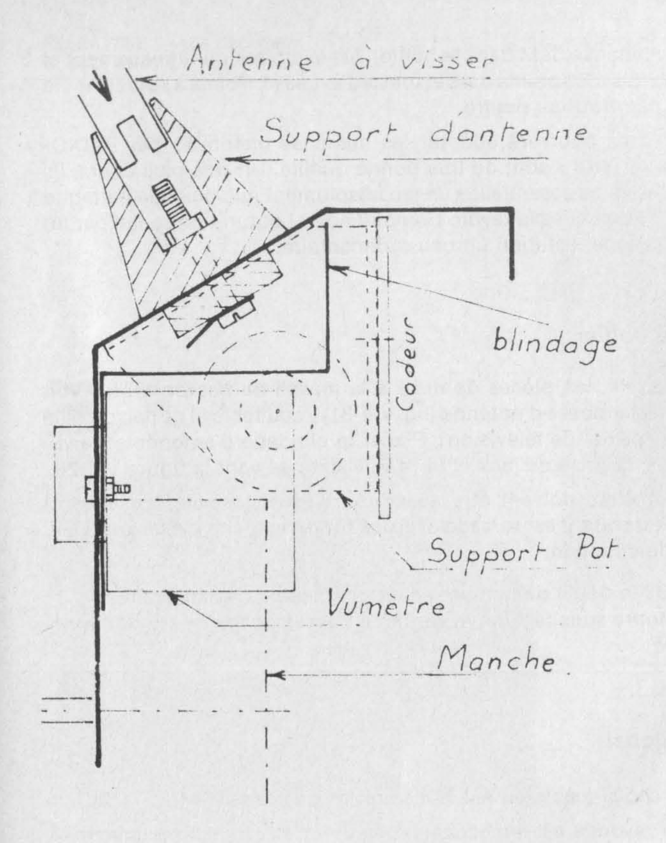


Fig. VIII-31. — Montage de l'antenne.

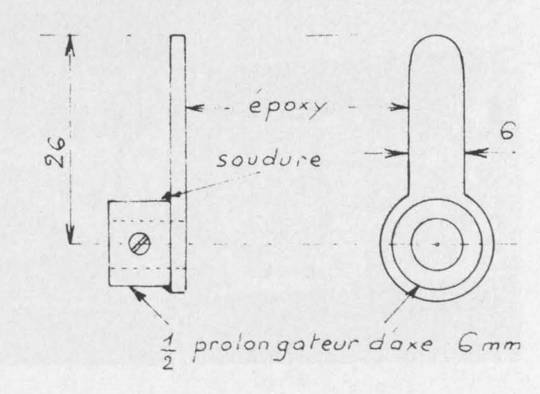


Fig. VIII-32. — Manette d'auxillaire.

Avant de monter les manches SLM dans le boîtier, les examiner minutieusement et essayer de supprimer à la fois tous points durs et tout jeu excessif. Points à surveiller : la rotule et le mécanisme de retour au neutre.

Les modélistes exigeants pourront adopter les manches distribués par RADIO-PILOTE. Ces manches « ouverts » sont de très bonne qualité. Un peu plus chers, ils permettront d'avoir sur les voies essentielles un jeu absolument nul, puisque l'attaque est directe. La découpe du boîtier est à revoir. Un point noir : l'obturation se fait par un rectangle de mousse plastique, solution un peu rudimentaire.

g) Installation dans le boîtier

Monter le connecteur HF, les pièces de mise à la masse du bas de tiroir. (Voir Fig. IV-6). Installer de suite l'embase d'antenne (fig. VIII-31) y souder le fil de liaison relié au connecteur (âme de coaxial de télévision). Placer le blindage d'antenne et le vu-mètre, enfin les manches, la prise de jack et le 74M. Câbler suivant la figure VIII-28.

Les fils des potentiomètres doivent être aussi courts que possible, torsadés et éloignés de la HF. Le — du codeur est torsadé avec les fils du manche d'ailerons. Le + avec ceux du manche de direction.

Noter en figure VIII-32 le détail de la manette de commande des auxiliaires.

Fixer les batteries. Mettre sous tension et vérifier à l'oscilloscope que le bon fonctionnement est conservé.

h) Fonctionnement global

Enficher le tiroir HF choisi (câblé en AM, s'il s'agit d'une platine FM).

Vérifier que le signal rayonné est impeccable (mesureur de champ/oscilloscope).

Régler l'indication du vu-mètre, en fin d'échelle, avec des batteries bien chargées.

Photo VIII-F. — Le décodeur C. MOS du TF6.

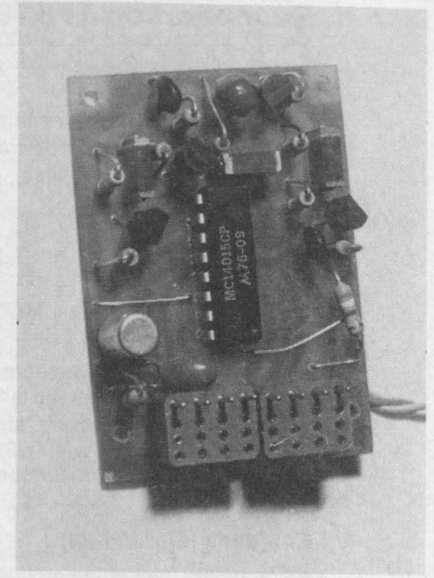
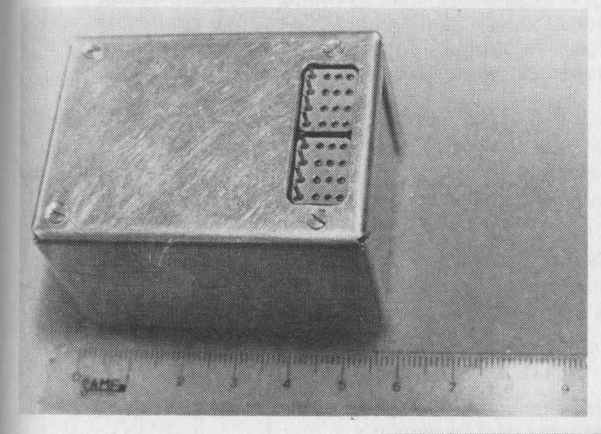
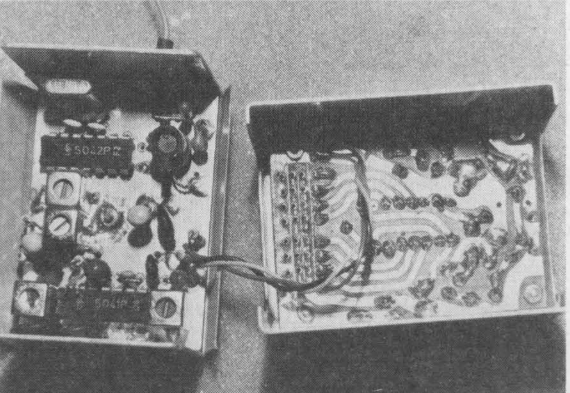


Photo VIII-G. — Le boîtier double du récepteur-décodeur.





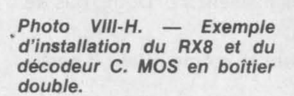


Photo VIII-H. — Exemple d'installation du RX8 et du décodeur C. MOS en boîtier double.

II. Réception du TF6/76

1. Récepteur

Ce sera l'un des récepteurs suivants : RX4, RX5, RX6, RX7, RX8, selon le mode de transmission et la fréquence de travail choisie.

Le RX1 peut être aussi utilisé, pour une très courte distance ou pour des essais d'atelier.

2. Décodeur

Il fait appel à la technique C.MOS et est réalisé autour d'un registre à décalage deux fois 4 bits. du type 4015.

Nous renvoyons à la description du TFN8 pour l'étude du fonctionnement d'un tel registre. Petites différences avec le 74C164 utilisé alors, le 4015 comporte d'abord deux registres à 4 bits chacun, complètement indépendants et qui doivent être connectés extérieurement. Voir figure VIII-33 pour la structure interne et le brochage. Puis la remise à zéro est à 0 pour un fonctionnement normal, alors qu'elle était à 1 pour le 164. (enable)

a) Le schéma (Fig. VIII-34)

Le signal S/Rx injecté à l'entrée se retrouve bien en forme, mais négatif, en sortie de T_2. L'étage T_3 le prélève, le rend à nouveau positif et l'applique sur l'entrée **clock** du registre. Voir diagramme des signaux en figure VIII-35.

Par ailleurs, le signal c/T_2 est différentié par la liaison 10 nF/10 kΩ et appliqué sur b/T_4 : les pointes positives provoquent la conduction de T_4 et la décharge brutale du 0,1 μF. Les impulsions rapprochées amènent donc **data** à 0.

A la fin du train d'impulsions, le condensateur peut se recharger et au bout de quelques ms, **data** revient à 1.

A l'arrivée du front *montant* de la première impulsion (donc sur le front avant) le registre trouve un 1 sur **data** et le **décale :** ce 1 passe sur s_1.

L'arrivée de la seconde impulsion ramène s_1 à 0 et « pousse » le 1 sur s_2 et ainsi de suite. (Voir la fig. VIII-35).

Comme **data** est revenu à 0 sur le front arrière de la première impulsion, aucun autre 1 ne suit le premier.

Comme on peut le constater sur la figure VIII-35, les sorties s_1 à s_n passent à 1, pendant les temps t_1 à t_n et restituent les temps de chacune des voies.

Quelques remarques

— une pluie de parasites est assimilable à des impulsions rapprochées : elles bloquent le décodeur en mettant **data** à 0. Toutes les sorties passent à 0. Donc, pas de « bafouillage » de servos, même à vide.

— Le souffle violent de la FM, à vide, produit exactement le même effet : il passe totalement inaperçu au niveau des servos.

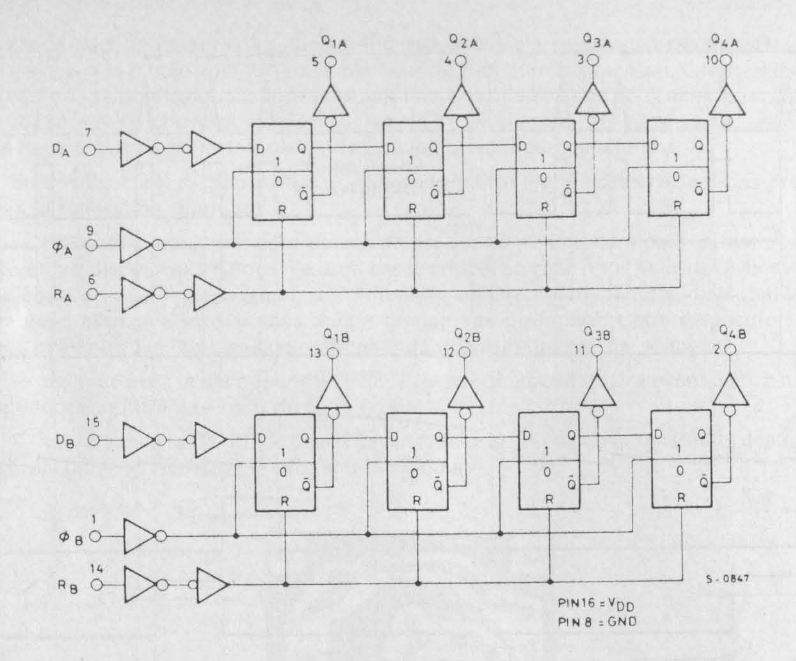


Fig. VIII-33. — Le 4015.

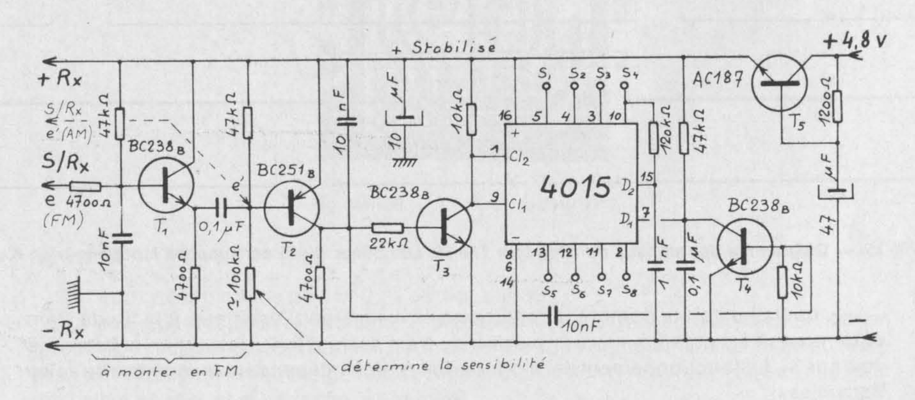


Fig. VIII-34. — Schéma du décodeur TF6.

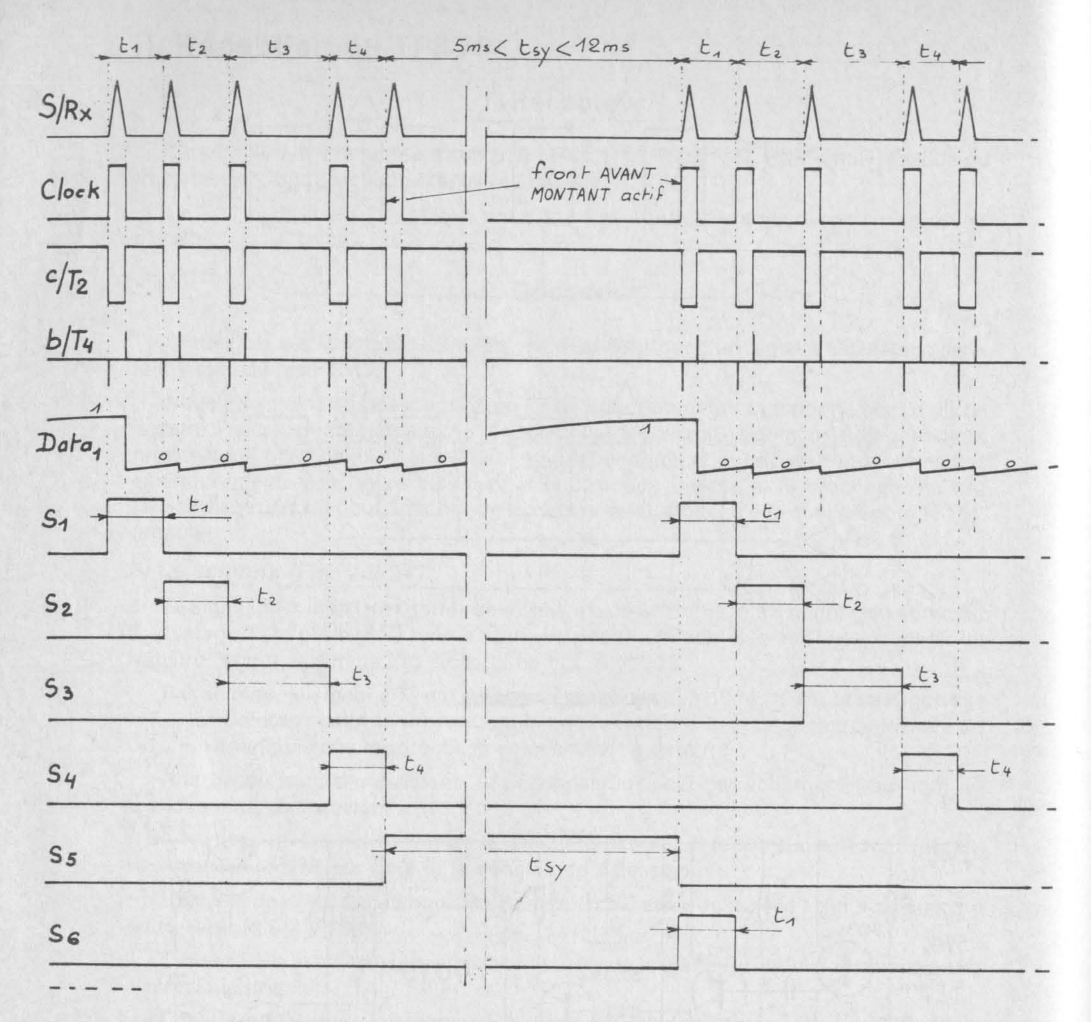


Fig. VIII-35. — Diagramme des signaux du décodeur TF6/76. Le codeur du Tx est supposé fonctionner en 4 voies.

— quel que soit le nombre d'impulsions envoyées par l'émetteur, à la fin du train **data** repasse à 1 et la première impulsion du train suivant fait « ressortir » la première voie sur S_1. Le fonctionnement est ainsi, parfaitement indépendant du nombre de voies transmises.

— Imaginons 4 voies à l'émission : s_1 donne t_1, s_2 donne t_2, s_3 donne t_3, s_4 donne t_4. Mais que se passe-t-il sur les sorties suivantes ? (Voir la fig. VIII-35). La sortie s_5 donnera le temps de synchronisation, t_{sy}, s_6 redonnera t_1, s_7 donnera t_2 et s_8, t_3. Puis le registre

sera vidé du 1 entré au départ. Il est donc possible, dans ce cas de brancher 2 servos réagissant à la même voie. Un exemple : sur de très grands planeurs, il faut utiliser 2 servos indépendants pour actionner séparément les ailerons des deux ailes. L'un de ces servos serait branché normalement sur la voie 1 (des ailerons) et l'autre sur la voie 6... et ces deux servos réagiront tous les deux à la commande des ailerons.

En 6 voies, c'est s_7 qui restitue t_{sy} et s_8 redonne t_1. (cette sortie n'étant pas prévue dans la réalisation pratique).

— Huit voies maximum sont possibles avec le 4015. Estimant cela inutile pour le « commun des mortels » nous n'avons pas branché, comme nous venons de le dire, la huitième sortie pour disposer sur le connecteur ainsi rendu disponible, du signal S/Rx, que nous pourrons vérifier sans aucun démontage du boîtier. Cette disposition que nous avons trouvé intéressante, est cependant laissée au gré de chacun !

— Comme avec le décodeur du TFN8, T_1 et ses composants prélèvent S/Rx à haute impédance et filtrent le bruit de fond en FM.

— La valeur de la 100 kΩ de base T_2 est à ajuster au mieux de la sensibilité désirée et des réactions du montage, à proximité immédiate.

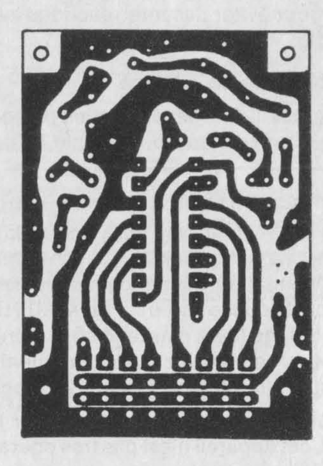


Fig. VIII-36. — CI du décodeur TF6.

b) Le CI

En époxy simple face de 15/10. (Voir fig. VIII-36.)

La seule particularité réside dans la présence sur le CI des connecteurs de liaison aux servo-mécanismes. Cette disposition simplifie considérablement le travail du réalisateur et augmente la fiabilité générale, par la suppression de ces faisceaux de câbles si délicats à souder et si gênants par la suite.

Le CI est un peu plus délicat : il faudra essayer de trouver des blocs 4 x 4 de connecteurs à picots spéciaux pour CI, car les broches de 11/10 des modèles normaux n'arrangent rien !

c) Liste des composants

1 4015 (MM5615A de NS ou MC14015CP de Motorola ou CD4015A de RCA ou HBF 4015 AE de SGS/Ates...)
2 BC238B
1 BC251B

1 10 nF MKM 100V
1 10 nF GFO 12V
1 0,1 µF MKM 100 V
1 47 µF perle tantale.

1 4700 Ω 1/4 W
2 10 kΩ 1/4 W

1 22 kΩ 1/4 W
2 47 kΩ 1/4 W
1 100 kΩ 1/4 W (voir texte)

2 blocs de connecteurs SLM 4 x 4, à picots pour CI.

Pour FM seulement :
1 BC238B
1 10 nF GFO 12 V
1 0,1 µF MKM 100 V
2 4700 Ω 1/4 W
1 47 kΩ 1/4 W

Sur les derniers décodeurs, nous avons ajouté :

- Une cellule 120 kΩ/1 nF entre S_4 et $Data_2$, pour supprimer un défaut de fonctionnement apparaissant avec certains 4015.
- Une cellule de filtrage électronique nécessitant en plus : 1 10 µF tantale, 1 AC187 et 1 1200 Ω¹/₄w. Cela pour éviter des interréactions avec certains types de servomécanismes. Voir la fig. VIII-34.

d) Pose des composants. Mise en service

Suivre simplement la figure VIII-37. Placer tous les composants discrets, mais pas le 4015. Attention au sens des transistors : pour T_2, le fil de base est à plier en sens contraire de l'origine.

Relier au récepteur bien réglé, par les 3 fils : +, —, S/Rx.

Brancher l'alimentation 4,8 V. Pour cela faire un cordon venant de la batterie, via l'interrupteur habituel et terminé par une fiche 4 broches mâle, connectée sur la sortie du bloc 4 x 4, réservée à l'alimentation. (Cependant cette fiche pourrait être connectée, sans inconvénient sur n'importe quelle sortie). (Fig. XI-10.) Brancher un oscilloscope, à travers des 3300 Ω de découplage (côté masse et côté entrée verticale), aux différents points du décodeur. L'émetteur en service, à rayonnement réduit, on doit trouver les différents signaux de la figure VIII-35. Voir S/Rx, c/T_2, **clock,** enfin **data.**

Un oscilloscope à double trace permettrait de vérifier les phases relatives de ces signaux. Malheureusement, cet appareil n'est pas très courant sur la table de travail des amateurs. C'est dommage !

De toute façon, si tout va bien, il reste à souder le 4015 (avec les précautions C. MOS) et le fonctionnement global est assuré. Vérifier les sorties de voies en les identifiant par la manœuvre du manche correspondant.

e) Montage en boîtier

Le récepteur et le décodeur se montent dans un boîtier double : le récepteur dans le fond, maintenu par son boulon central (ou deux, pour RX6), bien isolé par un carton à quatre rabats (attention aux pointes de soudure).

Le décodeur est dans le couvercle, fixé par quatre boulons de 1,5 mm, tête fraisée, longs de 15 mm et entretoises isolantes de 10 mm. Ne pas oublier aussi, un carton d'isolement à rabats.

Fig. VIII-37. — Décodeur du TF6/76. Pose des composants.

Les trois fils de liaison entre le récepteur et le décodeur seront aussi courts que le permettra une ouverture aisée du boîtier. Torsader ces fils et, à la fermeture, veiller à ce qu'ils se placent vers le bas du récepteur et non vers le haut, c'est-à-dire du côté HF.

Important : avec un montage en boîtier double, les noyaux des bobinages HF du récepteur se règlent par le bas des mandrins et sont accessibles par des trous ménagés dans le fond de ce boîtier.

Il faudra **obligatoirement** procéder à un réglage fin définitif du récepteur, dans les conditions finales du montage. (Voir chapitre RX).

Disposant maintenant de l'émetteur digital et de son bloc de réception, il nous manque le dernier maillon de la chaîne : les servo-mécanismes.

Ce sont ces derniers que nous allons étudier dans le chapitre suivant.

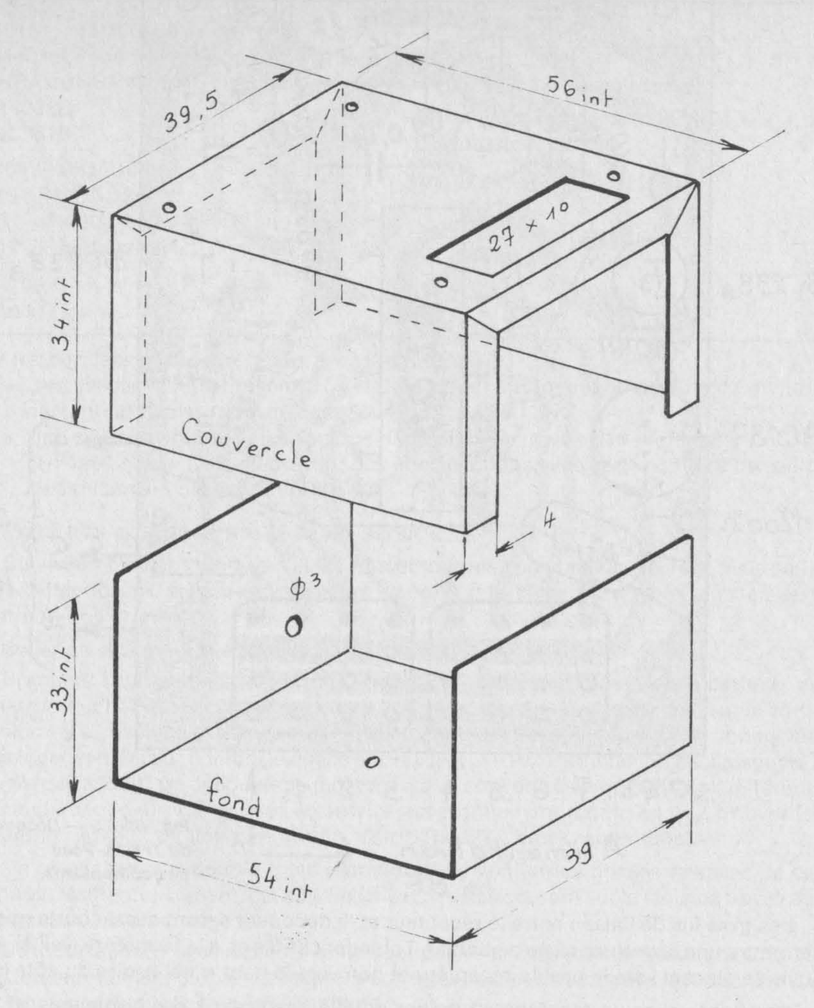
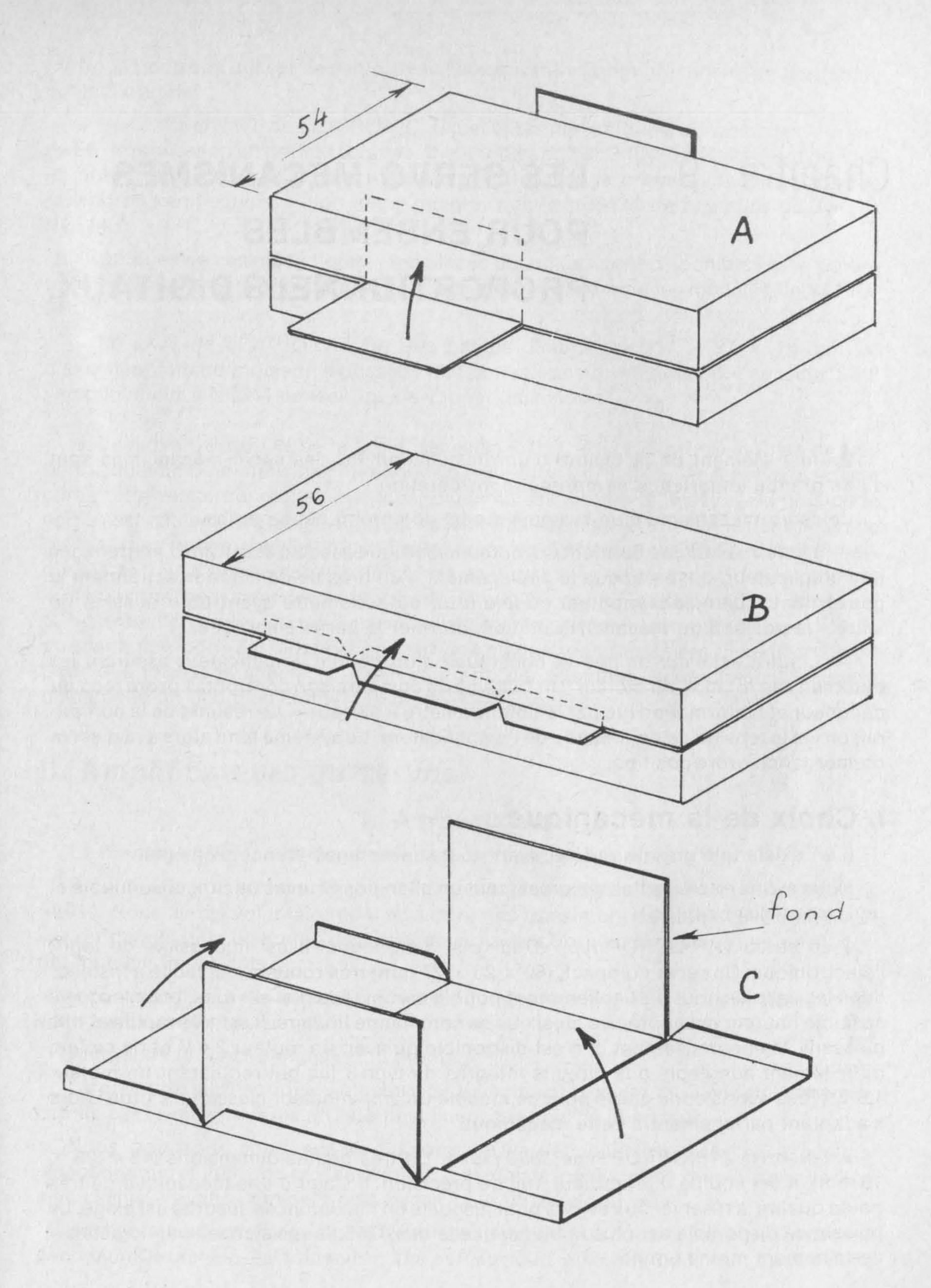


Fig. VIII-38. — Fabrication du boîtier Rx TF6/76.



Chapitre 9

LES SERVO-MÉCANISMES POUR ENSEMBLES PROPORTIONNELS DIGITAUX

Dernier élément de la chaîne d'une installation RC, les servo-mécanismes sont d'une grande importance et méritent considération.

Le servo-mécanisme d'un système digital comprend deux parties :

— L'une, *mécanique* contient un moteur électrique associé à un train d'engrenages démultiplicateur, qui provoque le déplacement d'un bras de commande actionnant la gouverne. Le dernier pignon est couplé à un potentiomètre ayant pour mission de « lire » la position du mécanisme et d'en informer la partie électrique.

— L'autre est *électronique* et constituée d'un double amplificateur assurant les deux sens de rotation du moteur. Un système de comparaison confronte l'ordre reçu du décodeur et l'information lue par le potentiomètre « suiveur ». Le résultat de la comparaison est la tension de commande de l'amplificateur. Le système tend alors à réaliser la concordance ordre/position.

I. Choix de la mécanique

Il en existe une grande variété, ayant toutes avantages et inconvénients.

Nous avons retenu celles qui présentent un bilan positif, avec un prix raisonnable et une bonne disponibilité :

• *Le servo VARIOPROP type 3765* gris, dans lequel il est impossible de loger l'électronique. Ce servo compact, (60 × 23 × 27 mm) très robuste, est facile à installer dans les cellules, tout particulièrement pour la commande des ailerons, pour lesquels sa faible hauteur est appréciée ainsi que sa commande linéaire. Il est très rapide et très puissant. Malheureusement, il n'est disponible qu'avec un moteur 2,4 V et de ce fait, difficilement adaptable aux circuits intégrés de type 3 fils qui requièrent un moteur 4,8 V. Nous avons donc gardé pour ce modèle un amplificateur classique à transistors s'adaptant parfaitement à cette mécanique.

• *Le servo VARIOPROP type 3830 jaune.* De très petites dimensions (45 × 29 × 19 mm), il est équipé d'un moteur T05 de précision. Il s'agit d'une mécanique de très haute qualité, à réserver aux avions pour lesquels un maximum de sécurité est exigé. La puissance disponible est plus faible que celle des 3765, la résistance aux « crashes » certainement moins bonne.

Nous pourrons utiliser ce servo, avec l'ampli à transistors précédent, en gardant le câble d'origine.

• *Les LX75 et LX76 de LEXTRONIC.* Excellentes mécaniques, dérivées des Minired de EK, la réalisation en est très soignée. Disponibles soit en 3 fils (potentiomètre de 5 kΩ et moteur de 11 Ω), soit en 4 fils (1,5 kΩ et 3 Ω), c'est le premier modèle que nous retiendrons en l'équipant d'un ampli intégré avec le NE543K de Signetics ou avec le NE544.

Avantages de ces mécaniques : les pièces détachées sont disponibles et le potentiomètre est munie d'un curseur à pointe de graphite, comme les modèles de VARIOPROP.

• *Le LX77 de LEXTRONIC.* De très petites dimensions (37 × 37 × 18 mm) et d'excellent fonctionnement, il possède une puissance surprenante pour sa taille. Seul l'amplificateur à NE544 consentira à s'y loger facilement.

• Le servo CHEVRON de la firme française RADIO-PILOTE est un modèle de très bonne qualité. De dimensions identiques à celles des LX75 et 76, il est prévu avec une sortie rotative, ce qui globalement, est plus intéressant que la linéaire. De plus cette sortie est à roulement à billes, donnant un jeu transversal nul et une tenue dans le temps parfaite. Les frottements fort réduits améliorent les performances. Enfin, détail remarquable, le train d'engrenage (les derniers à denture taillée en chevrons, d'où le nom de la mécanique) peut avoir deux rapports de démultiplication : la vitesse rapide donne un servo à réaction normales, tandis que la vitesse lente permet de disposer d'un servo très puissant, soit pour des applications sur des maquettes de grandes dimensions, soit pour des fonctions spéciales : train rentrant, par exemple. Nous conseillons cette mécanique un peu plus chère, aux modélistes exigeants.

II. Amplificateurs de servos

1. A transistors

Le montage retenu est très classique. (Voir le schéma en fig. IX-1.)

Pour des raisons d'encombrement, le monostable est un modèle intégré utilisant le μL914. Nous avons volontairement conservé des transistors de sortie au germanium, car on gagne ainsi quelques dizièmes de volts aux bornes du moteur : la puissance obtenue est importante.

Inconvénient des montages à transistors : une légère imprécision du neutre, impossible à supprimer totalement.

Analysons le fonctionnement du montage :

Le codeur ayant fabriqué 6 signaux de commande, ces signaux ont été transmis, captés par le récepteur, ils ont été finalement triés par le décodeur.

Nous disposons donc, sur les 6 sorties de ce décodeur, de 6 créneaux positifs indépendants et qui doivent déterminer chacun la position de leur propre servo-mécanisme. Voyons comment cela se fait pour chaque gouverne.

Sur l'entrée e du montage, arrive le créneau positif V_D, de durée t_D, en provenance du décodeur. Ce créneau est transmis d'une part au point S par une 8 200 Ω et d'autre part,

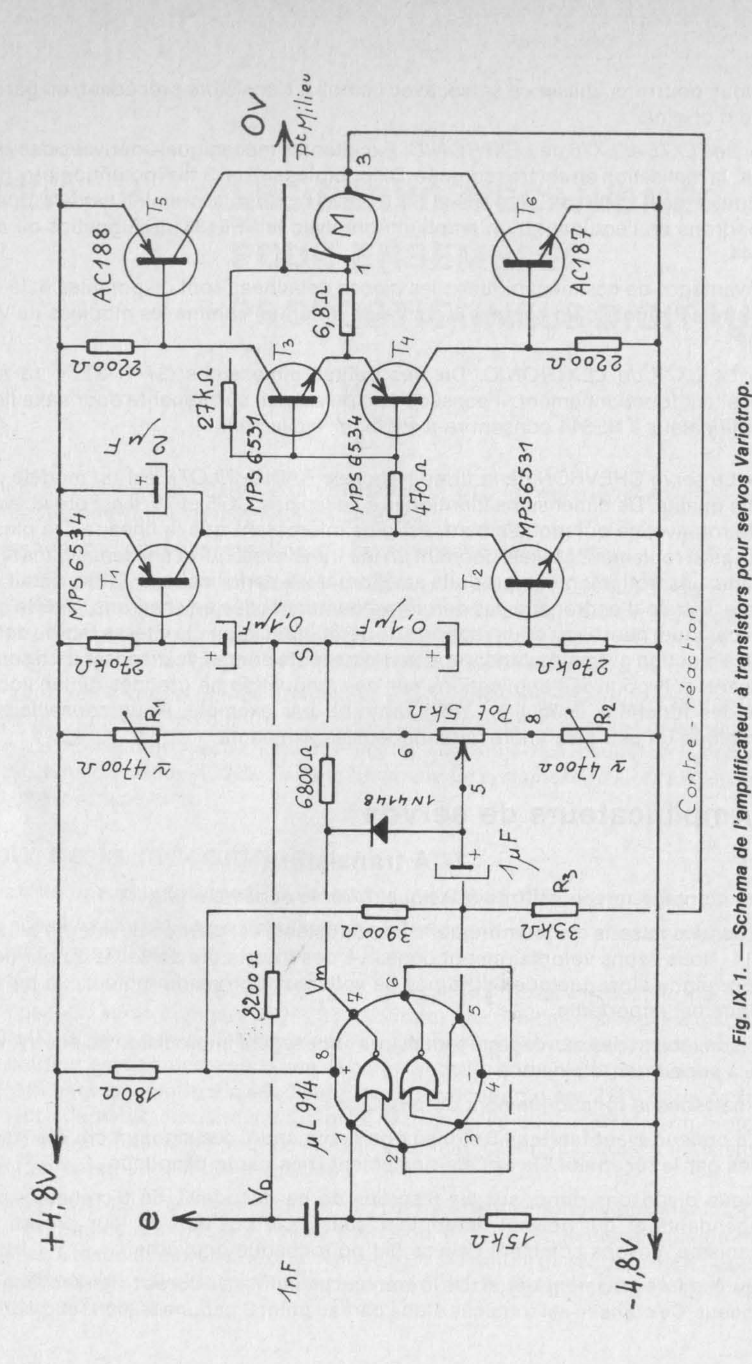


Fig. IX-1. — Schéma de l'amplificateur à transistors pour servos Variotrop.

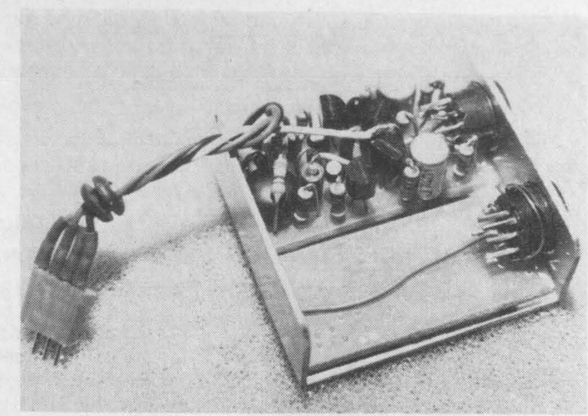


Photo IX-A. — Amplificateurs à transistors.

à travers une cellule de différentiation (1 nF, 15 kΩ) à l'entrée du monostable μL914, constitué de 2 portes NOR, en technologie RTL. (Un montage similaire a été utilisé dans le codeur du TFN8). Les lancées positives, synchrones des flancs montants de V_D, font basculer le monostable qui génère une impulsion négative V_M, dont la durée dépend de la position du mécanisme. (Voir fig. IX-2.)

Ce créneau V_M parvient également au point S, où il s'additionne au créneau V_D du décodeur. Trois cas peuvent alors se présenter :

a) **V_D et V_M ont la même durée :** $t_D = t_M$.

Les deux créneaux :

— Commencent en même temps.

— Finissent en même temps.

— Sont de polarités inverses.

— Ont la même amplitude crête à crête.

Ils s'annulent et la tension résultante en S est nulle : $V_s = 0$.

b) **V_D dure plus longtemps que V_M** : $t_D > t_M$.

Pendant la durée de V_M il y aura encore neutralisation, mais à la fin de V_M, V_D persistera un certain temps pendant lequel il apparaîtra donc en S, une impulsion **différence positive,** comme V_D.

c) **V_D dure moins longtemps que V_M** : $t_D < t_M$.

Phénomène inverse, d'où impulsion **différence négative** apparaissant en S.

Le point S correspond à l'entrée commune d'un amplificateur double, à symétrie totale, dont le 1er canal : T_3-T_5-T_7 amplifie une tension d'entrée négative, et dont le 2e canal : T_4-T_6-T_8 amplifie une tension d'entrée positive. La sortie de ces deux canaux est aussi commune et elle se fait sur le moteur électrique du servo. Donc :

— Tension en S nulle (cas *a*) : le moteur ne tourne pas.

— Tension en S positive (cas *b*) : sens de rotation 1.

— Tension en S négative (cas *c*) : sens de rotation 2.

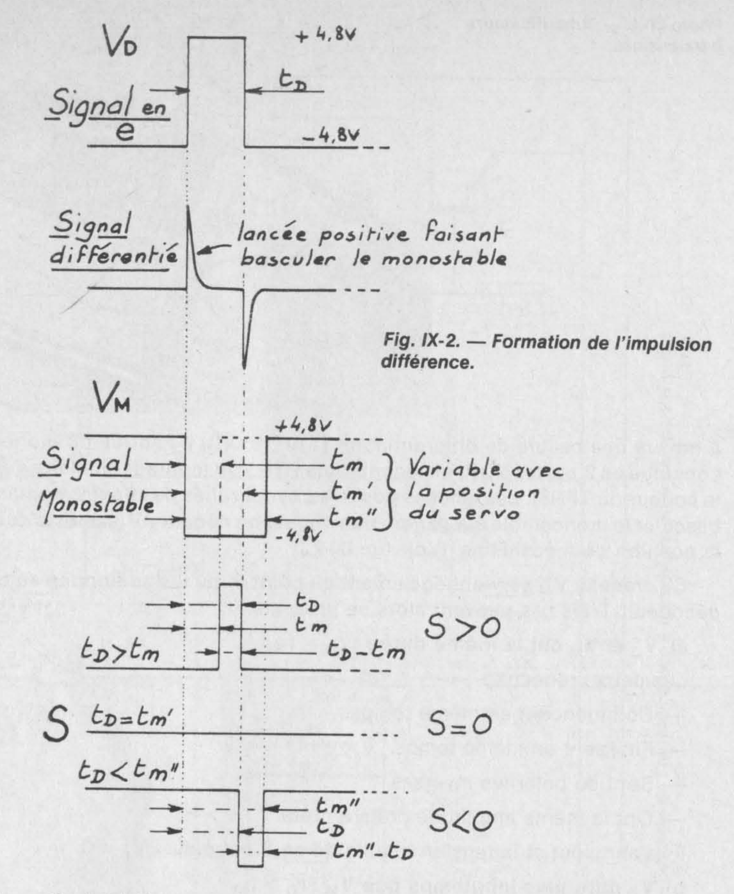


Fig. IX-2. — Formation de l'impulsion différence.

On note à la sortie de T_1-T_2, une cellule d'intégration : 2 μF, 470 Ω, nécessaire pour transformer en action continue les fines impulsions différences apparaissant au point S. On retrouve d'ailleurs là, le même fonctionnement que dans les amplis pour lames vibrantes, lesquelles donnaient également des impulsions courtes à chaque vibration.

La rotation du moteur entraîne par un jeu d'engrenages, le bras de commande agissant sur la gouverne, mais aussi un potentiomètre qui détermine la durée de V_M le sens de rotation étant tel que V_M s'allonge s'il est plus court que V_D, et inversement. Voyons cela sur un exemple :

Supposons que manche et servo soient au neutre : on a donc $t_D = t_M = 1{,}7$ ms. La tension en S est nulle et le moteur ne tourne pas.

Appuyons sur le manche de manière que V_D s'allonge, soit par ex. : $t_D = 1{,}9$ ms. La tension en S est alors une impulsion différence positive durant t_D-$t_M = 0{,}2$ ms, se répétant 50 fois par seconde.

Le moteur se met à tourner, entraînant le potentiomètre, ce qui provoque l'allongement progressif de V_M. Lorsque l'on atteindra $t_M = 1{,}9$ ms, on retrouvera $t_D = t_M$ et le moteur s'arrêtera : la coïncidence de position manche-servo étant retrouvée.

Le raisonnement est évidemment le même dans le cas où V_D se raccourcit.

Une contre-réaction, faisant office de « frein » est indispensable, pour éviter une entrée en oscillation mécanique de l'ensemble servo (« pompage »). La résistance R_3 règle cette action, sa valeur dépend de la démultiplication du jeu d'engrenages.

Les résistances R_1 et R_2 déterminent la course du servo.

Quelques remarques :

Sans signal à l'entrée *e* le monostable ne déclenche pas, donc ni V_D ni V_M n'existent et la tension en S est nulle : le moteur ne tourne pas. (Cas de l'émetteur arrêté ou du récepteur hors portée.)

En fonctionnement normal, la concordance manche obtenue, le moteur est aussi immobile et la consommation du servo très faible (quelques milliampères). Par contre, sur un mouvement du manche, la consommation peut atteindre 150 à 300 mA, selon la poussée nécessaire. Les amateurs de vols de longue durée en tireront la morale : moins on touche aux manches et plus longtemps on vole !

Le condensateur de 2 μF détermine la précision du servomécanisme, mais aussi influe sur sa puissance :

— En l'augmentant on perd en précision, on gagne en puissance.

— En le diminuant on gagne en précision, on perd en puissance.

Réalisation

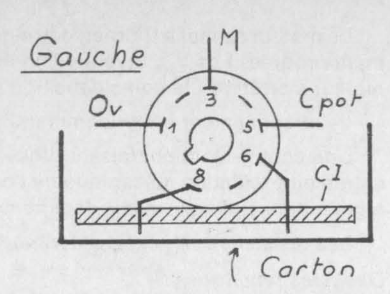
Les amplis sont montés par paire dans un même boîtier. Les deux circuits imprimés séparés, sont identiques, mais les bouchons Grundig 8 broches, sont collés différemment, selon qu'il s'agit de l'ampli de droite ou de celui de gauche. Ainsi les cordons des mécaniques sont orientés à 45° vers l'extérieur et l'empilement de plusieurs boîtiers doubles est possible. On se reportera à la fig. IX-4 pour la position exacte de ces collages.

a) Liste des composants (pour 1 ampli)

1 AC187	1 15 kΩ 1/4 W
1 AC188	1 27 kΩ 1/4 W
2 MPS6531 (NPN)	1 33 kΩ 1/4 W
2 MPS6534 (PNP)	2 270 kΩ 1/4 W
1 µL914 (boîtier plastique)	1 1 nF cér. GFO
1 1N4148	2 0,1 µF perles tantale.
1 6,8 Ω 1/4 W	1 1 µF tantale tubulaire 10 %.
1 180 Ω 1/4 W	1 2,2 µF perle tantale.
1 470 Ω 1/4 W	1 circuit imprimé.
2 2 200 Ω 1/4 W	1 bouchon 8 broches spécial pour servo **Varioprop.**
1 3 900 Ω 1/4 W	1 connecteur 4 broches, mâle SLM.
2 4 700 Ω 1/4 W (valeur à ajuster aux essais)	1 passe-fil. Fils souples. Soupliso thermo-rétractable.
1 6 800 Ω 1/4 W	
1 8 200 Ω 1/4 W	



Fig. IX-3. — CI pour ampli à transistors.



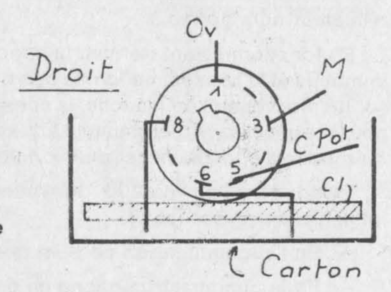


Fig. IX-4. — Détail du collage des bouchons 8 broches et de l'isolement des CI.

b) Le circuit imprimé. (Voir fig. IX-3.)

c) Montage.

Le CI entièrement percé, préparer les bouchons : souder au préalable deux fils 7/10 nus, de 2 cm de longueur, aux broches 6 et 8 et un fil souple isolé de 5 cm à la broche 5. Dépolir la surface du CI et celle du bouchon, entrant en contact et coller soigneusement à l'araldite en chauffant pour obtenir une grande dureté de la colle. (Poser sur un radiateur de chauffage central, par exemple).

Veiller à l'orientation et au parallélisme de l'axe avec le CI. (Voir fig. IX-4).

Le collage dur, souder les deux fils nus sur le CI, puis disposer de même deux autres fils nus pour l'alimentation moteur : broche 1 au OV, broche 3 aux collecteurs des transistors de sortie (point M). (Voir à ce sujet la fig. IX-5.)

Sans isolant pour ces fils, il n'y a aucun risque, dans la mesure où le travail est fait soigneusement.

Câbler maintenant de T_6 à T_1. Les fils des AC187/188 traversent la plaquette et sont rabattus côté cuivre. Ils rejoignent alors leurs plots de connexion. (Ils apparaissent en pointillé sur la fig. IX-5.)

Isoler les fils nus des résistances de 2 200 Ω, risquant de toucher le corps métallique des transistors. Nous avons utilisé pour T_1 à T_4 des modèles plastiques de **Motorola**, mais n'importe quels transistors PNP/NPN au silicium, en boîtier époxy d'un gain de 200

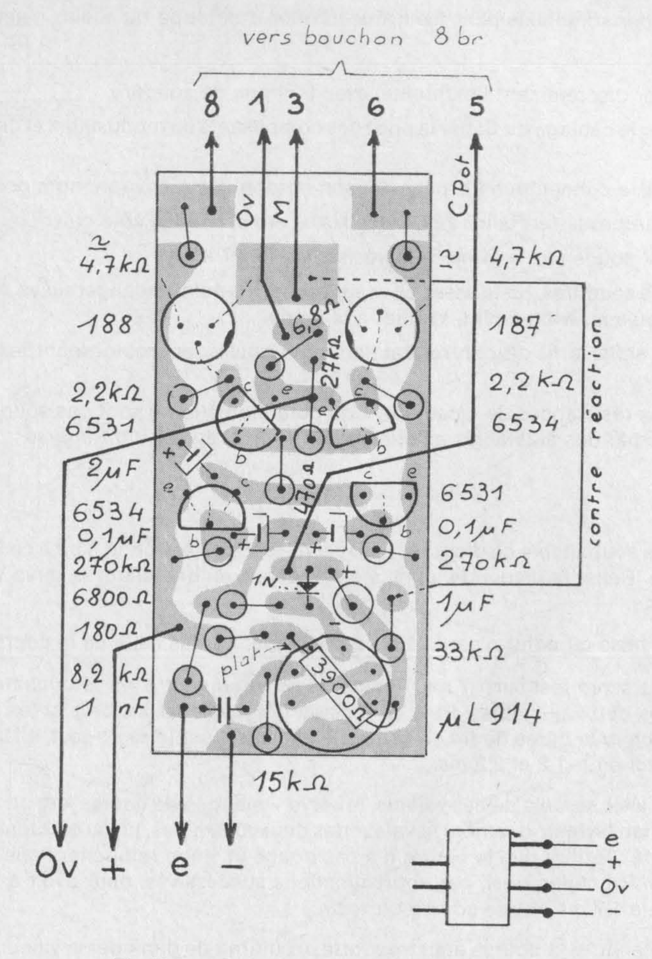


Fig. IX-5. — Composants de l'ampli à transistors.

environ, conviennent parfaitement. Avantage des MPS... : les connexions sont repérées. (E, B, C).

Passer le fil souple de la broche 5 entre les pattes des composants et après mise à longueur correcte, le passer dans le trou correspondant.

NB. *Technique de préparation des fils souples multibrins :*

- Couper à la longueur désirée.
- Dénuder sur 2 à 3 mm soit à la pince spéciale, soit au fer à souder pointu, **jamais** au couteau.

• Torsader soigneusement les brins. Vérifier à la loupe qu'aucun n'échappe au toron.

• Etamer discrètement l'extrémité, avec très peu de soudure.

Terminer le câblage du CI par la pose des composants du monostable et des circuits d'entrée.

Préparer le connecteur 4 broches et son cordon (5 cm environ, hors boîtier).

Enfiler un passe-fil. Relier au CI : les fils +, —, e, soudés côté cuivre.

Le fil OV soudé sur le fil nu de la résistance de 27 kΩ.

Limer les soudures, juste assez pour supprimer les pointes dangereuses. Nettoyer à la brosse, puis au white-spirit. Vérifier à la loupe.

Souder enfin le fil de contre-réaction, côté cuivre, en coutournant les plots de soudure.

Les deux résistances de « cadrage » du potentiomètre ne sont pas soudées, mais remplacées par des ajustables extérieures de 10 kΩ, *réglées à mi-course.*

d) Essai

Il est très souhaitable de disposer d'un servo-test bien étalonné. Voir à ce sujet la fin du chapitre. Relier la plaquette ampli à cet appareil, en branchant le servo **Varioprop** gris ou jaune.

Aucune mise au point n'est à faire, en principe, hormis celle de la course.

Régler le servo-test sur 1,7 ms. Amener le servo au neutre, en retouchant symétriquement les deux ajustables. Puis ce réglage fait, déplacer les bras et les amener à 1,5 mm de chaque butée de fin de course, en agissant sur le servo-test. Il faut obtenir ces positions pour 1,2 et 2,2 ms.

S'il faut aller au-delà de ces valeurs, le servo « manque de course » et on y remédie en augmentant symétriquement la valeur des deux ajustables, jusqu'à obtenir le résultat escompté. Vérifier que le neutre n'a pas bougé et sinon retoucher l'une des deux résistances. Procéder ainsi, par approximations successives, pour avoir à la fois un neutre calé à 1,7 ms et une course correcte.

Bien entendu si la course était trop forte, il suffirait de diminuer la valeur des deux ajustables.

Après réglage, déconnecter le tout, (servo y compris) et mesurer soigneusement la valeur des deux résistances de cadrage. Réaliser maintenant des valeurs fixes égales, soit avec une seule résistance si l'on tombe, par chance, sur un nombre de la série commerciale, soit avec deux résistances en série, soudées selon la fig. IX-6. Vérifier après cela que les performances sont correctes à tous points de vue.

NB. Si vous n'avez pas de servo-test, soudez deux résistances de 4 700 Ω et utilisez l'ampli tel quel, le calage du neutre se faisant par le manche de l'émetteur. Dans ce cas, il faudra affecter chaque ampli à une voie bien précise, car de légères différences ne manqueront pas d'apparaître.

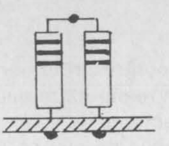


Fig. IX-6. — Réalisation de valeurs non standard.

Fig. IX-7. — Le boîtier pour deux amplis.

e) Mise en boîtier

Le boîtier à deux amplis est à fabriquer en suivant les indications de la fig. IX-7. Fond en 10/10 et couvercle en 8/10. Garnir les angles intérieurs du fond d'une bande isolante adhésive. Le CI est placé en engageant d'abord le bouchon 8 broches dans le trou de 10 mm, qu'il y aura peut-être avantage à ovaliser légèrement pour faciliter l'opération. L'isolement de chaque ampli est assuré par un U de carton mince. (Voir la fig. IX-4.)

A l'intérieur du couvercle, placer un rectangle de même carton, plus un rectangle de mousse plastique.

f) Utilisation

Chaque boîtier, dûment connecté au bloc de réception est serré contre ce dernier en intercalant une épaisseur de caoutchouc mousse de 2 à 3 mm. On remarquera que la taille des boîtiers amplis est telle que l'espace réservé aux connecteurs de voies est complètement dégagé. Veiller à ce que le premier boîtier d'amplis ne vienne pas toucher les broches de sorties des voies inutilisées. Eventuellement prévoir un isolement.

Bien entendu les amplificateurs à transistors requièrent une batterie 4,8 V à point milieu (OV). Le cordon interrupteur doit donc couper à la fois le + et le —. (Fig. XI-10*b*.)

Le sens de fonctionnement du servo-mécanisme n'est pas facilement modifiable dans l'amplificateur. Il est plus simple d'obtenir cette inversion de sens, par intervention dans l'émetteur : en intervertissant les fils extrêmes du potentiomètre de la voie concernée. Evidemment un recalage du neutre est alors nécessaire.

Il est aussi relativement simple de croiser les connexions du moteur **et** celles des extrémités du potentiomètre, dans la mécanique du servo. Le démontage est assez facile. Il faudra simplement veiller à bien recaler le curseur du potentio et les deux crémaillères. Il peut être utile de modifier ainsi 2 servos sur 4, ce qui permet de faire face à tous les problèmes d'installation à bord des cellules. Exemples : commande du plein gaz moteur, soit en poussant, soit en tirant, selon la marque de ce moteur ; piqué en poussant ou en tirant selon que le guignol de volet est au-dessus ou au-dessous de la gouverne.

2. A circuit intégré NE543K

Ce circuit, apparu en 1972, fut d'abord fabriqué pour World-Engines, par SIGNETICS, sous la référence WE3141. Il est maintenant utilisé par beaucoup d'autres fabricants et diffusé sous le n° NE543K. Guère plus gros qu'un transistor, ce circuit intégré simplifie considérablement la réalisation des amplificateurs de servos, en réduisant le nombre des composants. Cependant il est, nous semble-t-il, assez fragile et termine parfois prématurément ses jours pour des motifs bien futiles. Ces avatars surviennent d'ailleurs

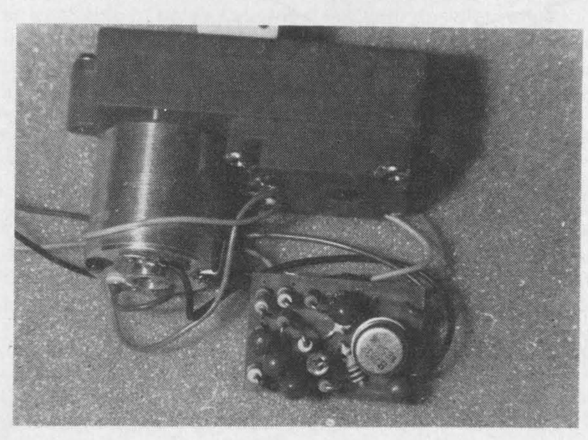


Photo IX-B. — Amplificateur à NE543K.

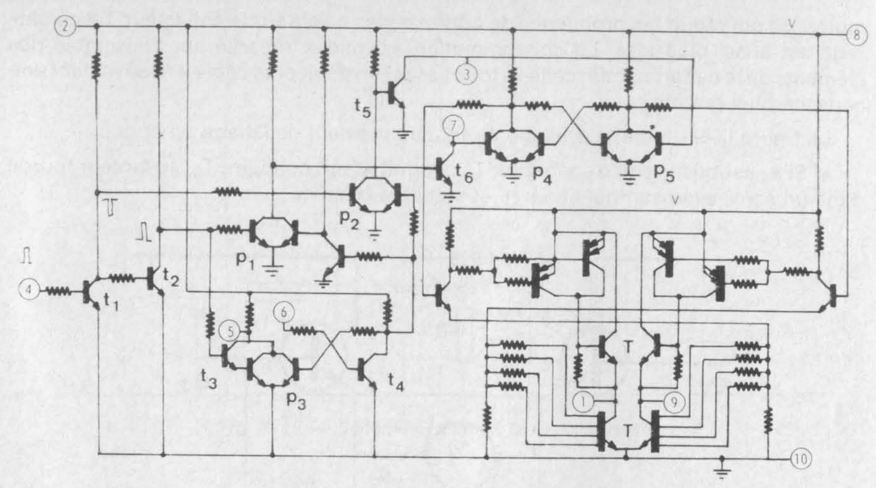
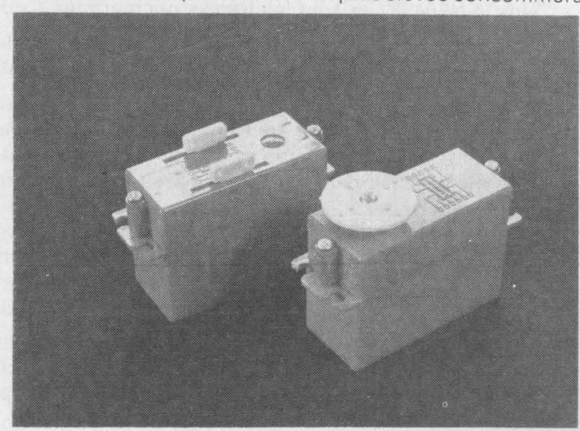


Fig. IX-8. — Structure interne du NE543K.

le plus souvent aux essais : un simple petit court-circuit... et c'est fini ! Bien que pas très coûteux, il vaut mieux ne pas répéter cet incident trop souvent. Une fois monté, il semble être par contre d'une excellente résistance. Autre point noir : le NE543K est chatouilleux du côté du potentiomètre d'asservissement. Il est indispensable d'avoir un modèle à curseur à pointe graphite, évitant les crachements. Faute de cela, le circuit bafouille allègrement, au grand désespoir de l'utilisateur. La figure IX-8 donne la structure interne du NE543K :

On remarque d'abord le montage du « final » en pont, ce qui permet d'employer un moteur alimenté par la pleine tension batterie (4,8 V) et non plus par l'une ou par l'autre des deux moitiés comme c'était le cas du montage à transistors. Cette solution a quelques avantages : le moteur étant alimenté par une tension plus élevée consommera

Photo IX-C. — Les mécaniques LX75 et LX76 de LEXTRONIC.



moins, ce qui réduit les problèmes de contacts des balais sur le collecteur. Le démarrage est aussi plus aisé. La consommation est mieux répartie sur l'ensemble des éléments de la batterie. Enfin celle-ci fournissant un débit plus faible a relativement une capacité plus grande.

La figure IX-9 donne le principe de fonctionnement de l'étage en pont :

- Si e_1 est positive et e_2 négative, T_1 conduit et fait conduire T_2 : le moteur tourne dans un sens, avec son pôle a au + et son pôle b au —.

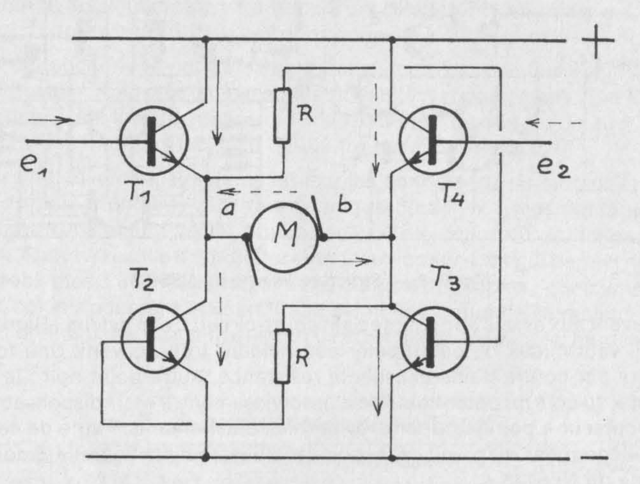


Fig. IX-9. — Montage d'un moteur en pont.

- Si e_2 est positive et e_1 négative, c'est T_2 et T_4 qui conduisent et font tourner le moteur en sens inverse du précédent.

Dans le NE543K, ce sont les transistors marqués T qui remplacent T_1 à T_4.

On remarquera les multi-bases et les doubles émetteurs destinés à augmenter les performances en intensité de ces transistors. Le moteur est branché entre les points 1 et 9.

Les transistors de sortie sont commandés par les paires différentielles p_4 et p_5, montées en flip-flop pour supprimer tout risque de conduction simultanée des deux groupes mentionnés plus haut. Ces paires sont commandées par d'autres p_1 et p_2, lesquelles reçoivent sur leurs bases, d'une part les signaux d'entrée amplifiés par t_1 et t_2, mais d'autre part, les signaux du monostable constitué par p_3 et t_4. Le transistor t_3 monté sur la paire p_3 en « pull-over » assure le déclenchement. Les signaux différences se créent donc par mélange dans les paires p_1, p_2 et atteignent les bases des transistors de liaison t_5 et t_6, la suite du montage assurant la rotation du moteur.

On constate qu'il existe peu de différence de principe entre le modèle intégré et son équivalent à transistors. L'utilisation des paires différencielles est chose classique en intégration. Il est en effet plus facile d'intégrer des transistors que des résistances et des condensateurs.

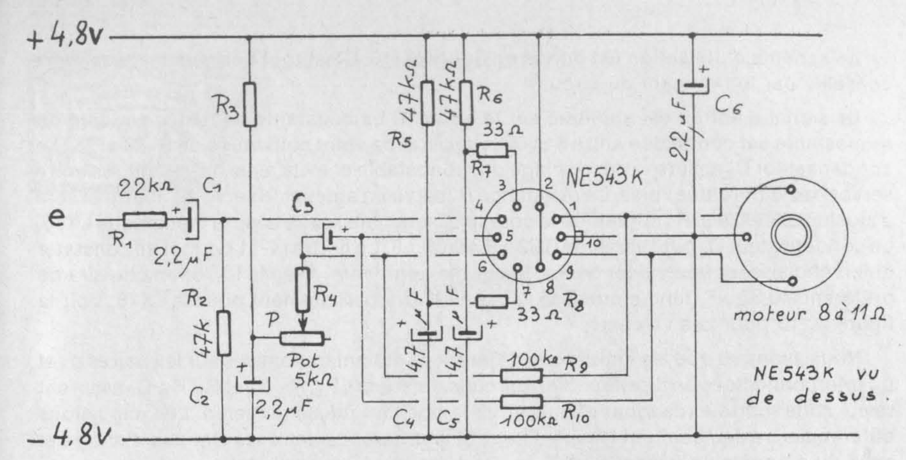


Fig. IX-10. — Schéma de l'ampli de servo intégré.

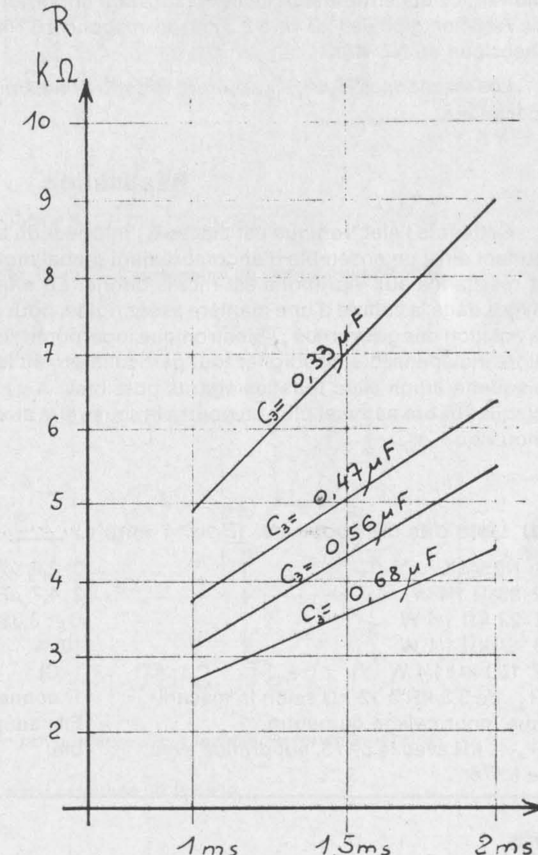


Fig. IX-11. — Variation de la course en fonction de C_3

Le schéma d'utilisation est donné en figure IX-10. C'est tout bonnement le schéma conseillé par le fabricant du circuit !

Le signal d'entrée est appliqué sur la borne 4. La constante de temps variable du monostable est connectée entre 5 et 6. La résistance étant constituée de R_3, P et R_4. Le condensateur C_2 assure le découplage du monostable et évite ainsi des réactions entre servos des différentes voies. La résistance R_3 servira à amener le servo au neutre et sera à ajuster aux essais. R_4 augmente la course et sera nécessaire avec la mécanique LX75. Le condensateur C_3 peut varier de 0,33 µF à 0,68 µF. La figure IX-11 permet de constater qu'en choisissant une valeur basse, la course augmente. Avec le LX75, on choisira de préférence 0,33 µF, tandis que 0,56 µF conviendra parfaitement pour le LX76. Voir la figure IX-10 pour ces valeurs.

Nous avons vu que les impulsions différences étaient transmises sur les paires p_4 et p_5, interconnectées en flip-flop. Deux circuits extérieurs R_6, R_7, C_5 et R_5, R_8, C_4 assurent une « zone morte » (deadband) autour de la position idéale du servo. Les impulsions différences ne déclenchent les paires que si la différence entre les signaux d'entrée et ceux du monostable dépasse 4 à 5 µs. On évite ainsi une sollicitation permanente du moteur, ce qui entraînerait un débit constant important. On notera que 5 µs pour 1 ms de variation globale (1,2 ms à 2,2 ms) correspond à 5/1000, soit 0,5 % : c'est la précision théorique du NE543K.

Les résistances R_9 et R_{10} assurent la contre-réaction et évitent le « pompage » de la mécanique.

Réalisation

Cette fois l'électronique est placée à l'intérieur du boîtier du servo-mécanisme. On obtient ainsi un ensemble d'encombrement global moins important, mais pour lequel, la résistance aux vibrations est moins bonne. En effet, les mécaniques doivent être fixées dans la cellule d'une manière assez rigide, pour assurer une bonne précision de la position des gouvernes : l'électronique incorporée souffre donc beaucoup plus. Il est alors indispensable de soigner tout particulièrement la réalisation et « d'emballer » la plaquette ampli avec tous les égards possibles. A ce sujet, remarquons que plus la plaquette sera petite et plus on pourra la soustraire aux vibrations, en l'enveloppant de mousse.

a) Liste des composants. (Pour 1 ampli.)

1 NE543K
2 33 Ω 1/4 W
1 22 kΩ 1/4 W
3 47 kΩ 1/4 W
2 100 kΩ 1/4 W
R_3 : de 3,3 kΩ à 12 kΩ selon la mécanique, pour calage du neutre.
R_4 : 1 kΩ avec le LX75, supprimée avec le LX76.
3 2,2 µF tantale perle.
2 4,7 µF tantale perle
C_3 : 0,33 µF à 0,56 µF, tantale tubulaire, 10 %.
1 CI.
1 connecteur 4 broches mâle SLM.
Fils souples, souplisso thermorétractable.

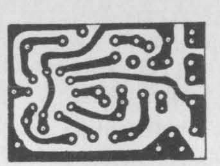


Fig. IX-12. — CI de l'ampli LX75/76.

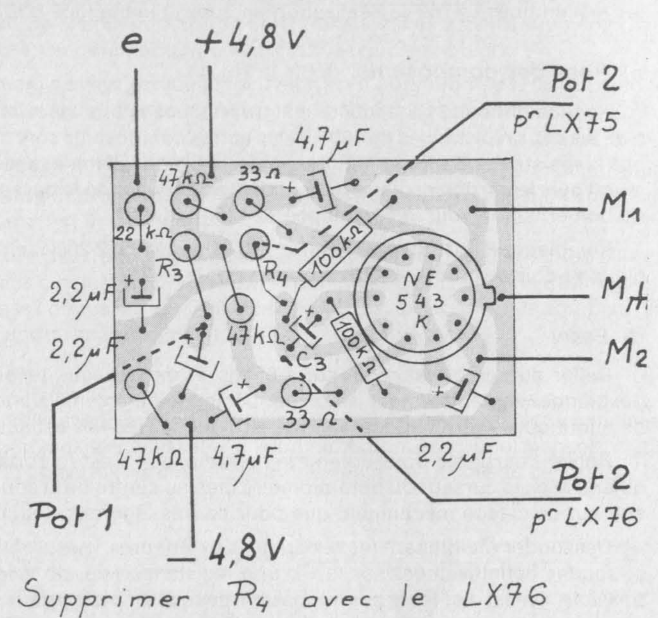


Fig. IX-13. — Composants de l'ampli pour NE543K.

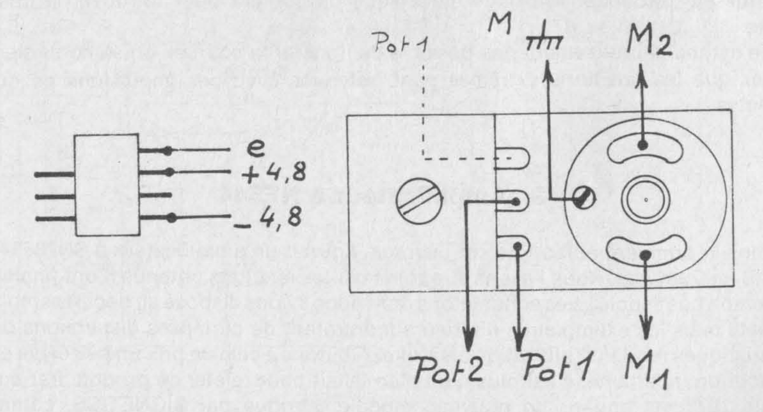


Fig. IX-14. — Liaisons du servo intégré. Pour inverser le fonctionnement :
— croiser M_1 et M_2
— brancher Pot. 1 sur l'autre extrémité de la piste.

b) Le CI. (Voir fig. IX-12.)

Il s'agit d'une interprétation personnelle du CI vendu par Lextronic. Utilisation dans les mécaniques LX75/76. Réalisation en époxy simple face 8/10. Perçage 8/10.

c) Pose des composants. (Voir la fig. IX-13.)

Aucune difficulté particulière malgré les dimensions assez réduites. Souder bien à plat, les deux résistances de 100 kΩ, les autres composants sont debout. On ne soudera pas la résistance R_3. Fixer maintenant les 5 fils de liaison à la mécanique (5 cm maximum) puis le cordon de liaison à 3 fils. Ne pas oublier de le passer dans le trou du fond du boîtier, sinon vous recommencerez ! (Fig. IX-14.)

Remplacez R_3 par une ajustable de 10 kΩ avec une 2 200 Ω en série. Régler l'ajustable à mi-course pour le LX76, aux 3/4 pour le LX75.

d) Essai

Relier au servo-test réglé sur 1,65 ms et mettre sous tension : le servo doit se positionner immédiatement, sinon couper immédiatement l'alimentation et procéder à de minutieuses vérifications. Se rappeler que le NE543K est susceptible !

Régler l'ajustable pour obtenir le neutre exact. Il est important que ce neutre soit obtenu avec le curseur du potentiomètre bien au centre de la course : il ne faudra donc agir sur ce calage mécanique, que pour de très légères retouches.

Dessouder maintenant les résistances extérieures, mesurer la valeur à l'ohmmètre et souder définitivement sur le CI, une résistance fixe, de valeur aussi proche que possible. Il n'est d'ailleurs pas impossible de réaliser cette valeur avec deux résistances en série, comme nous l'avons fait pour l'ampli à transistors. (Voir fig. IX-6.)

Cela étant fait, remettre en fonctionnement et si un léger décalage du neutre apparaissait, retoucher le calage mécanique du curseur pour retrouver la position exacte.

Il n'est malheureusement pas possible de fignoler la course : on se contentera de vérifier que les positions extrêmes sont obtenues avec des impulsions de durées correctes.

3. Amplificateur à NE544

Dans la première édition de cet ouvrage, figurait un amplificateur à SN28654N de TEXAS Instruments. Nous l'avons supprimé car les résultats obtenus n'ont finalement pas rempli nos espoirs. Les échantillons dont nous avions disposé au départ semblaient corrects mais les exemplaires ultérieurs montrèrent de curieuses dispersions de caractéristiques rendant l'utilisation aléatoire. Ajoutons à cela un prix un peu élevé et une distribution incertaine, c'est plus qu'il n'en fallait pour rejeter ce produit. Par contre, depuis 1977 est apparu un nouveau modèle fabriqué par SIGNETICS, comme le NE543K : c'est le **NE544.** Ce circuit est présenté en boîtier Dual-In-Line 14 broches. Par rapport à son prédécesseur NE543, il présente certains avantages, lesquels ne remettent cependant pas en cause l'utilisation de ce dernier qui est toujours valable :

— Le NE544 possède un monostable interne à variation linéaire de durée, ceci grâce à un générateur de courant constant.

— Il peut fournir un courant de sortie élevé, atteignant sans peine les 500 mA. De plus il présente la possibilité du montage de deux transistors extérieurs supplémentaires permettant encore l'augmentation de la puissance sur le moteur.

— Le potentiomètre suiveur est réellement monté en potentiomètre, ce qui rend le réglage de course très facile, par la variation de la valeur des résistances « talon » montées en série.

— Le NE544 présente une grande stabilité aux variations de température (0,01 %/°C) et aux variations de tension d'alimentation (0,01 %/V) grâce à un stabilisateur de tension interne. ($V_k = + 3$ V.)

Nous allons décrire deux montages possibles du NE544, le premier sur un CI aux dimensions identiques à celui du NE543K (26 × 18 mm) et à utiliser dans des mécaniques assez spacieuses comme les LX75/76 et le CHEVRON, le second plus compact (20 × 16 mm) que l'on pourra monter dans le LX77/78 ou le SLM M1.

a) Le schéma. (Voir fig. IX-15.)

Observons d'abord le schéma interne simplifié du NE544. Nous pouvons constater une assez grande complexité nécessaire à l'augmentation des performances. Nous distinguons, en bas et à gauche, les circuits du monostable (UV) à côté du générateur de

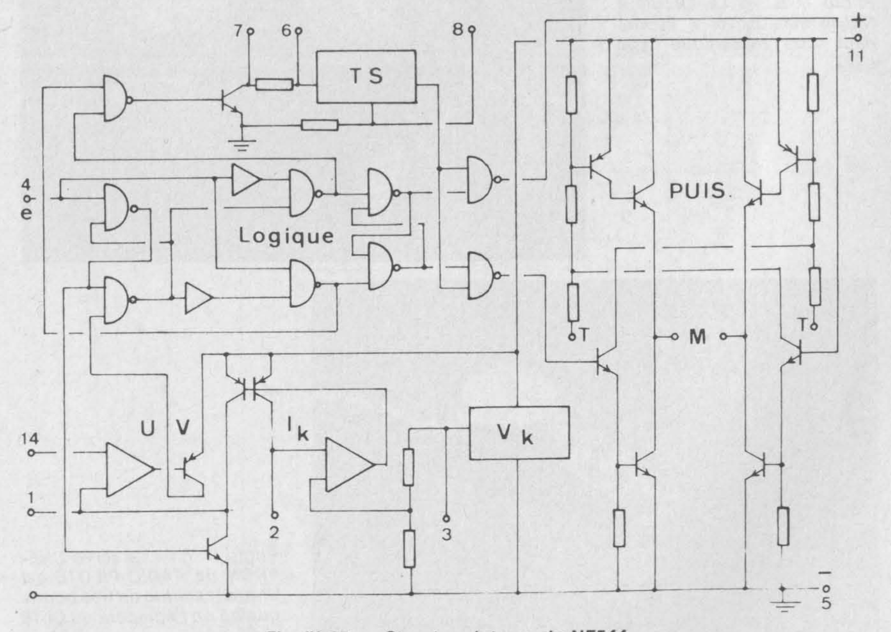


Fig. IX-15. — Structure interne du NE544.

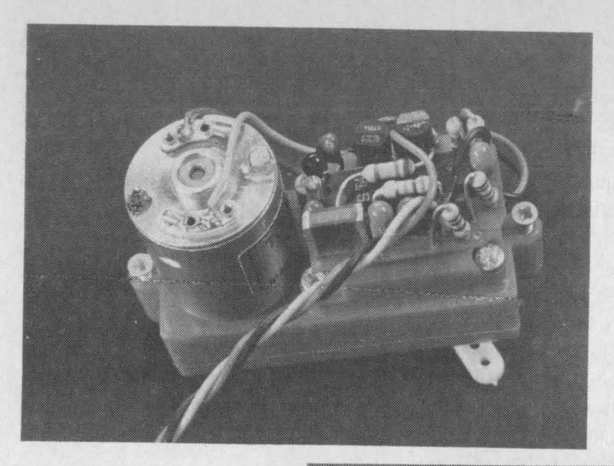
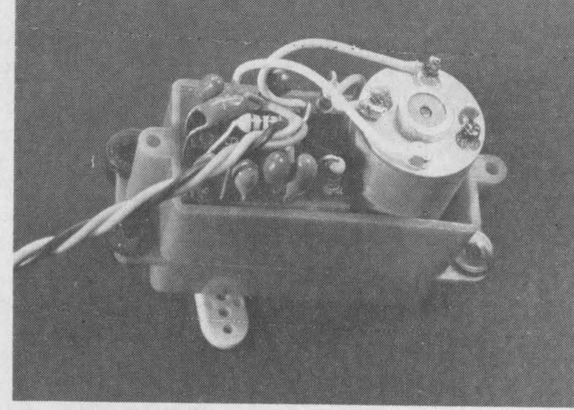


Photo IX-D. — Le circuit à NE544 sur CI 18 × 26 mm dans une mécanique type LX76.



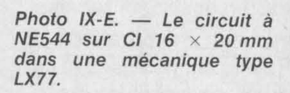


Photo IX-E. — Le circuit à NE544 sur CI 16 × 20 mm dans une mécanique type LX77.

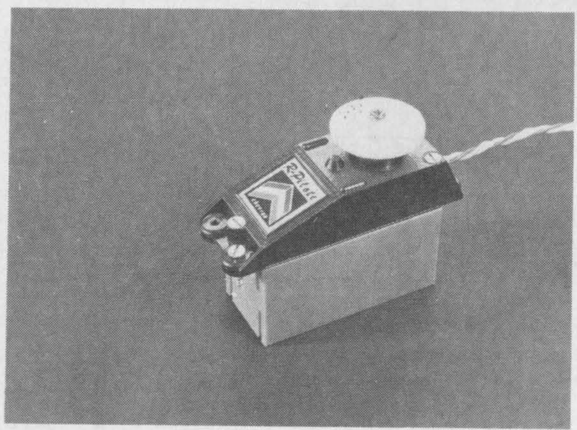


Photo IX-7. — Le servo CHEVRON de RADIO-PILOTE est une mécanique de très bonne qualité on l'équipera du CI 18 × 26 mm.

courant constant (I_k) lui-même alimenté en tension stabilisé par V_k, la tension constante étant disponible sur le picot 3.

Les signaux du monostable sont envoyés, en même temps que ceux d'entrée « e » dans une partie logique assez complexe qui en assure la comparaison. Les signaux différences obtenus sont alors traités par un circuit intégrateur associé à un Trigger de Schmitt délivrant finalement les impulsions d'attaque des transistors du pont de sortie classique. Le taux d'intégration et le seuil du trigger restent ajustables extérieurement pour s'adapter au mieux à la mécanique choisie.

Passons maintenant à l'examen du schéma d'utilisation, qui est évidemment celui indiqué par le fabricant ! Le NE544 y est vu de dessus. (Fig. IX-16.)

L'entrée des impulsions de commande se fait à travers un condensateur d'isolement sur le picot 4. Ces impulsions vont déclencher le monostable interne dont la constante de temps dépend d'une part de la valeur de C_1, d'autre part de la valeur de I_k.

La valeur de ce courant constant est déterminée par R_3. Cette résistance permet donc de fixer le temps du neutre, mais elle agit aussi sur la course. Enfin, bien sûr, la constante de temps varie avec la tension « lue » par le potentiomètre suiveur. Les résistances R_1 et R_2 règlent le rapport de lecture et jouent un rôle important pour la course. En principe elles seront de valeurs égales. Les condensateurs C_2, C_3, C_4 sont de simples découplages.

Les composants R_4, R_5 et C_6 déterminent le taux d'intégration et fixent avec R_6 le seuil du trigger. Plus précisément :

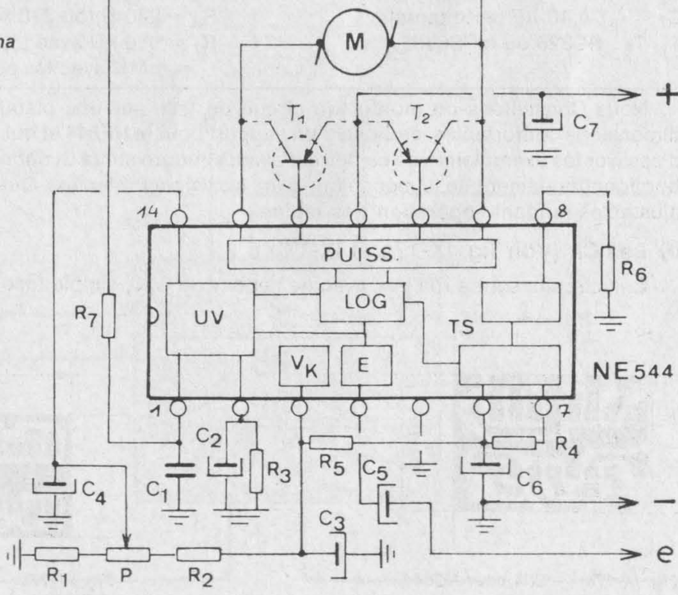


Fig. IX-16. — Schéma d'utilisation du NE544.

• R_4 règle la zone morte (dead-band) c'est-à-dire la différence minimum entre les signaux e et UV provoquant un courant dans le moteur. On descend ainsi à environ 1 μs, soit une précision théorique de 0,6 % à peu près. En descendant plus bas on ne ferait qu'amener une consommation permanente inutile du servo.

• R_6 détermine la durée de l'impulsion minimum que le trigger est capable de fournir.

• R_5 et C_6 règlent le rapport entre l'impulsion différence (e — UV) et l'impulsion de courant envoyé dans le moteur.

Bien entendu, les valeurs indiquées sont correctes et permettent un fonctionnement normal des mécaniques associées.

Enfin la résistance R_7 est très importante puisqu'elle fixe le taux de contre-réaction du servo-mécanisme : on l'ajuste éventuellement pour un maximum de vitesse sans dépassement de position (pompage).

Les transistors facultatifs T_1 et T_2 de type PNP se branchent sans composant additionnel, leurs résistances de base étant intégrées.

Valeur des composants

C_1 = 0,1 μF MKM de Siemens sur CI/A, perle tantale sur CI/B
C_2 = 0,1 μF perle tantale
C_3 = 1 μF perle tantale
C_4 = 0,1 μF perle tantale
C_5 = 2,2 μF perle tantale
C_6 = 0,22 μF perle tantale
C_7 = 4,7 à 10 μF perle tantale
T_1, T_2 : BC328 ou MPS6562

R_1 = 1500 Ω pour LX75
R_2 = 1500 Ω pour LX75
Ces résistances sont supprimées pour les autres servos (= 0 Ω)
R_3 = 24 kΩ environ (voir réalisation)
R_4 = 150 Ω
R_5 = 75 kΩ (ou 82 kΩ)
R_6 = 240 Ω (ou 270 Ω)
R_7 = 560 kΩ avec LX75/76
= 1 MΩ avec les autres

Nous Conseillons de monter un circuit de test, sur une plaquette imprimée de dimensions confortables, équipée d'un support pour le NE544 et qui permettra à la fois d'essayer les exemplaires de ce dernier avant soudure sur le CI définitif et de vérifier le bon fonctionnement de la mécanique avec les valeurs retenues. Quelques résistances ajustables rendant l'opération très rapide.

b) Les CI. (Voir fig. IX-17a et IX-17b.)

Ces circuits sont à réaliser avec de l'époxy de 8/10, simple face.

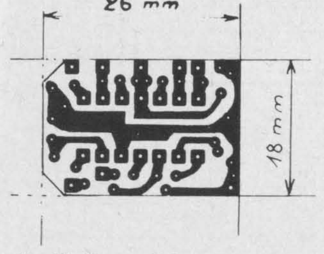


Fig. IX-17a. — CI/A pour NE544.

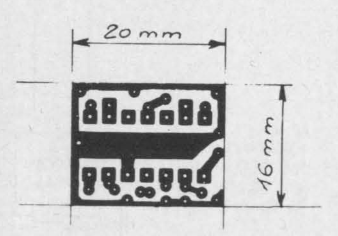


Fig. IX-17b. — CI/B pour NE544.

Le modèle A, 26 × 18 mm, permet de monter un condensateur de constante de temps C_1 de modèle MKM (pas de 7,5 mm) assurant précision et parfaite tenue à la température et dans le temps. Ce circuit est également prévu pour le montage facultatif des transistors de sortie. Enfin les résistances R_1 et R_2 y trouvent éventuellement leur place. Les deux coins coupés sont nécessaires pour le montage de la plaquette dans les mécaniques CHEVRON.

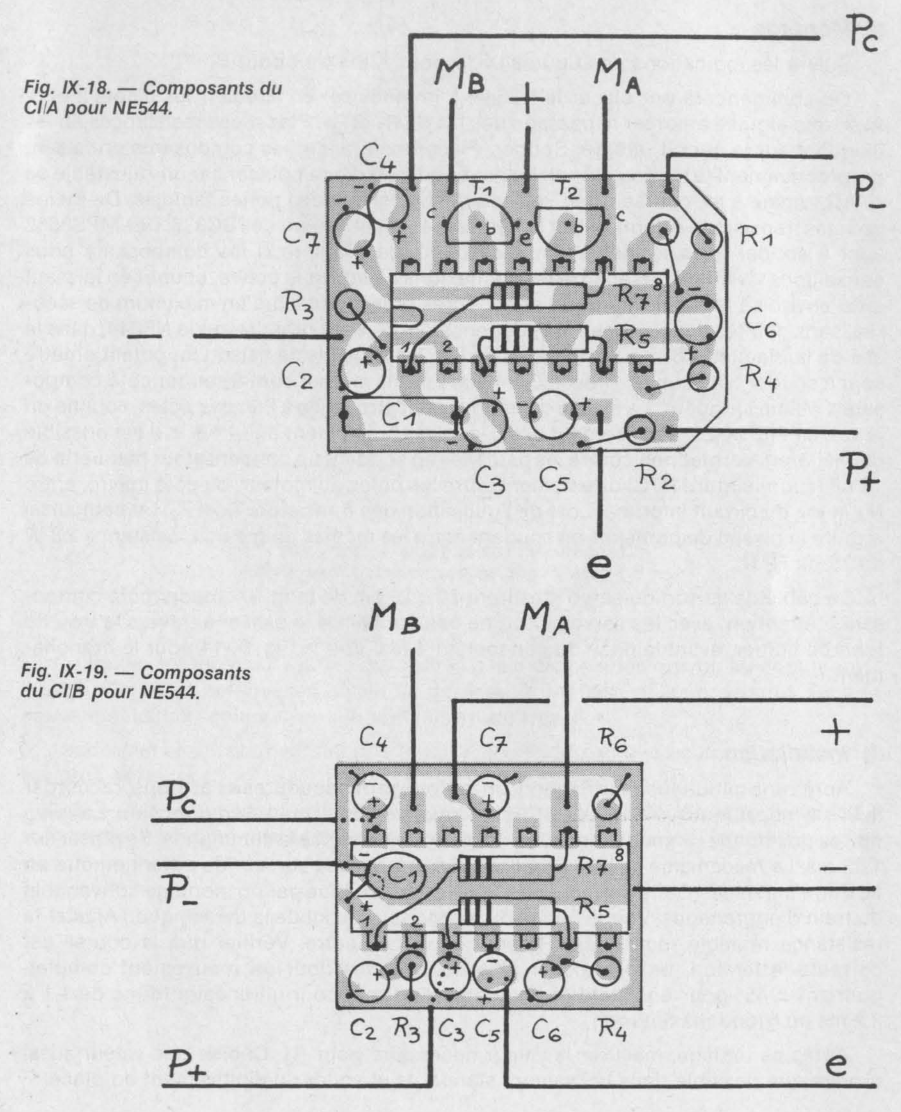


Fig. IX-18. — Composants du CI/A pour NE544.

Fig. IX-19. — Composants du CI/B pour NE544.

Percer les trous à 8/10, mais agrandir à 10/10 ceux des picots 1, 3, 6 et 9 du NE544 car ils doivent laisser passer en plus un fil de résistance.

Le modèle B, 20 × 16 mm, obligera à monter une perle tantale en C_1. Pas de transistors de sortie, les R_1 et R_2 sont supprimées. Mêmes perçages.

c) *Montage*

Suivre les indications des figures IX-18 pour A et IX-19 pour B.

On commencera par placer le NE544. L'immobiliser en soudant les picôts 2 et 8. Avec une aiguille amorcer le passage des fils de R_5 et R_7. Placer ces résistances en les plaquant sur le circuit intégré. Souder. Placer maintenant les composants en faisant progressivement le tour du circuit. Ne pas souder R_3. La remplacer par une ajustable de 47 kΩ, réglée à mi-course. Bien veiller au sens correct des perles tantales. De même pour les transistors. Attention, sur la figure IX-18, T_1 et T_2 sont des BC328. Des MPS6562 sont à souder avec le méplat en sens contraire. Pour tous les composants nous conseillons vivement de rabattre les connexions à plat sur le cuivre, couper en laissant ainsi environ 1 mm puis souder. Les soudures présentent alors un maximum de sécurité, sans pointes dangereuses. Le condensateur C_1 est à rabattre sur le NE544, dans le cas de la plaquette B. Pour les deux circuits, les trois fils de liaison au potentiomètre sont à souder côté cuivre. Prévoir 3 à 4 cm. Les fils moteur sont à souder côté composants. Même longueur. La masse du moteur peut être reliée à l'un des pôles, comme on le voit en Fig. IX-20, mais on peut aussi la relier directement au — 4,8 V. Il est possible d'améliorer la protection contre les parasites en soudant un condensateur plaquette de 10 nF (subminiature RTC) directement entre les pôles du moteur, ou côté cuivre, entre M_A et M_B du circuit imprimé. Lors de l'utilisation des transistors T_1 et T_2, on peut aussi réduire le niveau de parasites en soudant entre les mêmes points une résistance 1/8 W de 75 ou 82 Ω.

Le câble de liaison du servo mesurera 20 à 25 cm de long. Le souder côté composants. Attention, avec les servos LX . ., ne pas oublier de le passer à travers le trou du fond de boîtier, avant la pose du connecteur 4 fils. Voir la Fig. IX-14 pour le branchement.

d) *Installation.*

Après une minutieuse vérification, un nettoyage des soudures à l'acétone, raccorder le CI à la mécanique (voir fig. IX-20). Relier au servo-test et mettre sous tension. Le servo doit se positionner immédiatement et réagir normalement à la commande. Se placer sur 1,65 ms. Le mécanisme devrait prendre le neutre, avec le curseur du potentiomètre en position médiane. (Cette dernière condition étant obtenue par un montage convenable du train d'engrenages. Voir la notice du fournisseur du kit de la mécanique.) Ajuster la résistance réglable remplaçant R_3 pour avoir ce neutre. Vérifier que la course est correcte. Attention, ne pas exiger plus de ± 0,5 ms pour un mouvement complet, donnant ± 45° pour un rotatif et une garde de 1 mm pour un linéaire (donc de 1,1 à 2,2 ms au grand maximum !).

Après ce réglage, mesurer la valeur nécessaire pour R_3. Choisir une valeur aussi proche que possible dans les valeurs standards et souder définitivement en place.

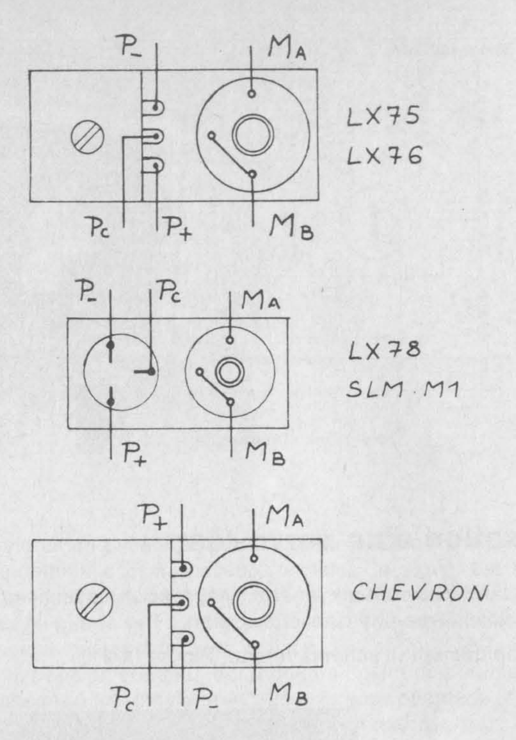


Fig. IX-20. — Liaisons aux mécaniques.
Pour inverser le sens, croiser M_A/M_B et P +/P —.

Coller les composants les uns aux autres à la colle cellulosique ou au caoutchouc liquide. Emballer soigneusement le CI dans de la mousse et loger le tout dans le couvercle, lequel replacé, verra la conclusion du travail.

Un dernier essai, pour vérifier que tout marche encore et que neutre et course sont toujours corrects.

NB. — Si la valeur adoptée finalement pour R_3 amenait un petit décalage du neutre, il suffirait de le corriger mécaniquement, correction prévue sur toutes les mécaniques.

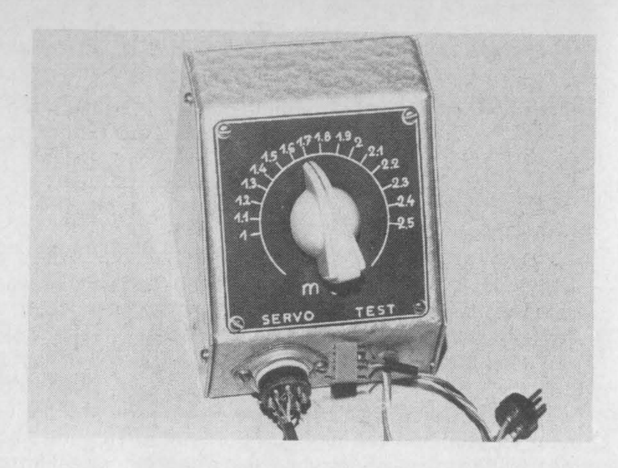


Photo IX-G. — Servo-test terminé.

III. Réalisation d'un servo-test

Ce petit appareil peu coûteux rendra d'inappréciables services et permettra de caler les durées de voies avec une bonne précision.

Etudions rapidement le schéma retenu (Figure IX-21).

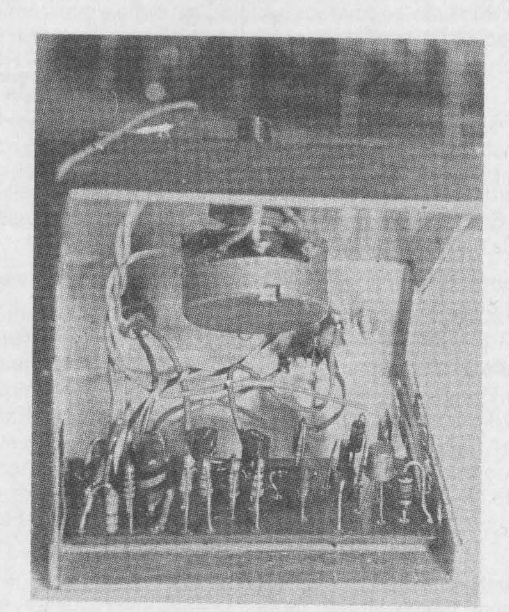


Photo IX-H.

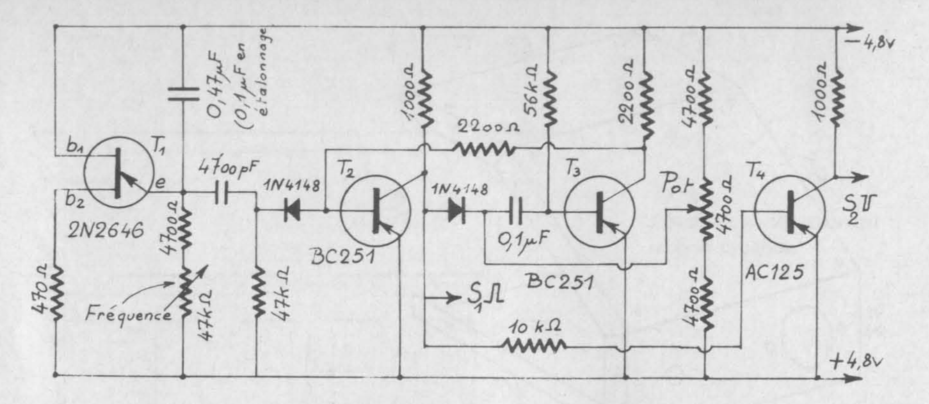


Fig. IX-21. — Schéma du servo-test.

Un transistor unijonction 2N2646 oscille sur 50 Hz et fournit une tension en dents de scie, à montée exponentielle et à descente brutale. Ce signal est transmis par un condensateur d'assez faible valeur (4 700 pF) à l'entrée d'un monostable absolument identique à ceux des amplis de servo, à cette différence près, qu'il utilise des transistors PNP, ceci pour pouvoir déclencher avec le flanc descendant de la dent de scie. Le monostable fabrique donc un créneau rectangulaire positif disponible sur la sortie S_1, mais également transmis à un transistor AC125 inverseur de phase et qui délivre ainsi un créneau négatif en S_2. Ceci afin de pouvoir commander tous types de servo-mécanismes digitaux.

La durée du créneau est déterminée par la position d'un potentiomètre de 4 700 Ω, linéaire. Elle varie de 1 ms à 2,5 ms.

La figure IX-22 donne tous les détails de réalisation, celle-ci ne posant aucun problème particulier et étant susceptible de variante suivant les goûts de chacun.

Un tel montage n'a d'ailleurs rien d'inédit, mais par contre ce qui l'est beaucoup plus, c'est le procédé d'étalonnage que nous allons décrire. Les précédentes descriptions de servo-test, que vous avez pu lire, laissent prudemment dans l'ombre ce paragraphe pourtant essentiel !

Voici le principe de cet étalonnage :

Le signal fabriqué de fréquence 50 Hz, donc de période 20 ms, est un créneau positif ou négatif de durée variable. Supposons-le réglé à 1 ms. Le rapport cyclique de ce courant rectangulaire est donc de

$$\frac{20 - 1}{1} = 19$$

Nous savons (voir étude de l'ampli de servo) **que la durée de ce créneau ne dépend que des caractéristiques du monostable** et absolument pas de la fréquence de répétition des impulsions à l'entrée. (Ici fréquence de la dent de scie.)

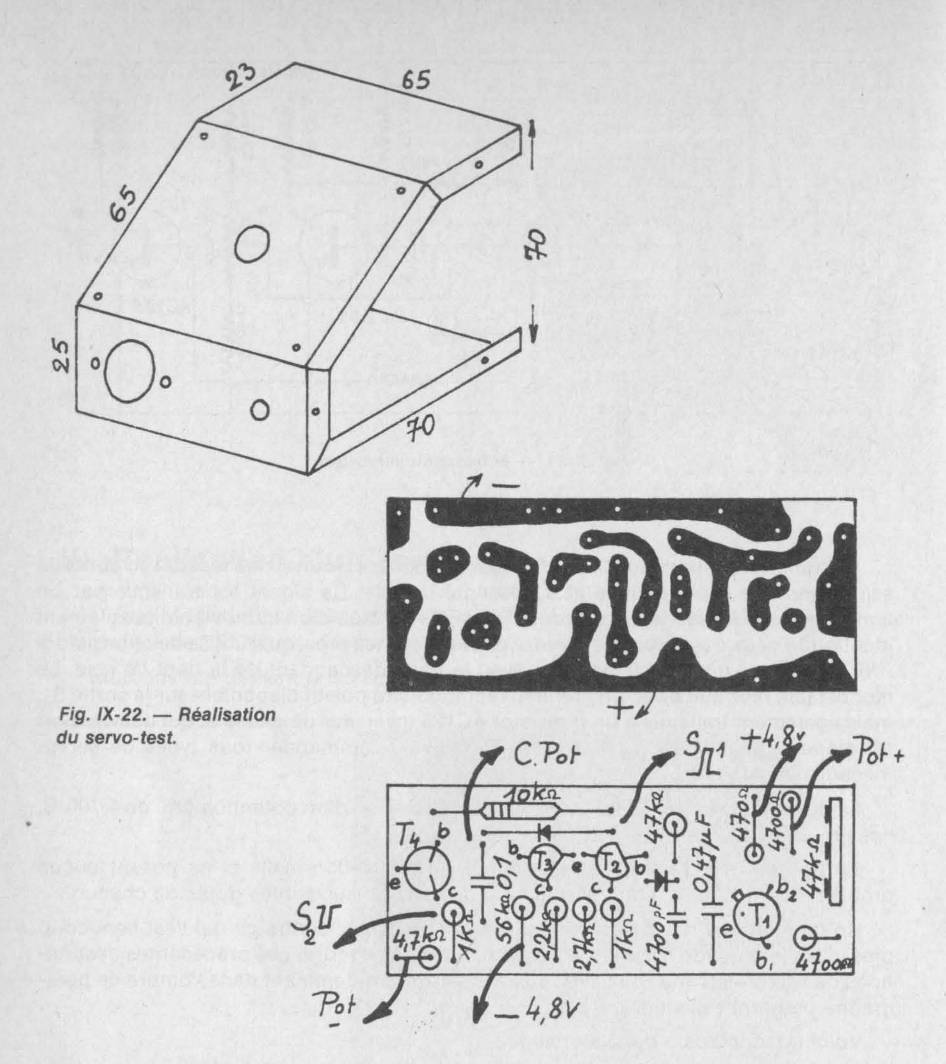


Fig. IX-22. — Réalisation du servo-test.

Supposons donc que nous augmentions cette fréquence, ce qui revient à réduire la période (T = 1/F). En la portant à 100 Hz (T = 10 ms), le rapport cyclique devient

$$\frac{10 - 1}{1} = 9$$

En la portant à 200 Hz (T = 5 ms), il sera de

$$\frac{5 - 1}{1} = 4$$

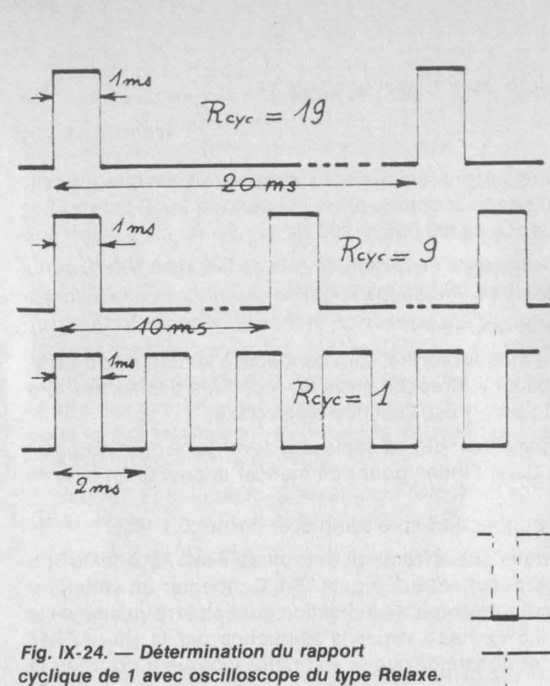


Fig. IX-23. — Variation du rapport cyclique.

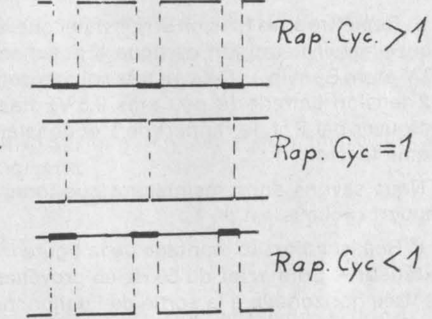


Fig. IX-24. — Détermination du rapport cyclique de 1 avec oscilloscope du type Relaxe.

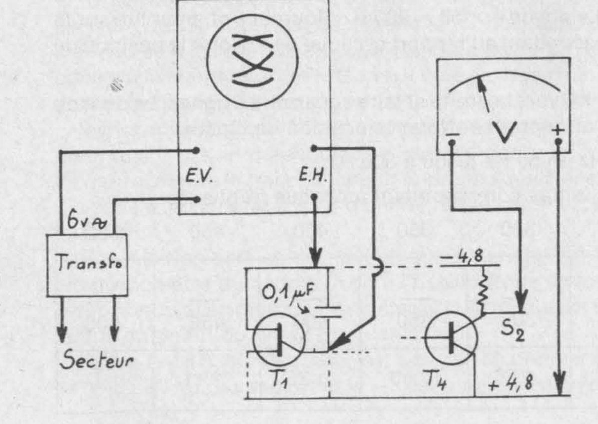


Fig. IX-25. — Etalonnage du servo-test.

et en atteignant 500 Hz (T = 2 ms) le rapport cyclique sera de

$$\frac{2-1}{1} = 1 \quad \text{(voir fig. IX-23)}$$

En raisonnant de la même manière que précédemment, on trouverait que lorsque t est réglé sur 2,5 ms, le rapport cyclique de 1 est obtenu pour une période T = 2 t, donc T = 2 × 2,5 ms = 5 ms, soit une fréquence de 1/0,005 = 200 Hz.

Il s'agira donc de faire varier la fréquence de la dent de scie de 200 Hz à 500 Hz pour déterminer tous les temps t nécessaires (de 2,5 ms à 1 ms).

Voici comment on procédera pratiquement :

- Le servo-test, câblage terminé dûment vérifié, sera connecté à la batterie de 4,8 V, préparée précédemment. L'oscilloscope, branché entre le — et l'une des sorties fera apparaître le créneau fabriqué. (Il faut un oscilloscope type relaxé).
- Munir le potentiomètre principal d'un index se déplaçant devant une graduation en degrés (rapporteur cercle entier). Caler l'index pour commencer la course en face du zéro.
- Enlever le 0,47 μF du circuit unijonction et le remplacer par un 0,1 μF.
- Remettre sous tension et constater que la fréquence est plus élevée. Tourner le Pot. pour amener le rapport cyclique exactement à 1 (fig. IX-24). Connecter un voltmètre 10 V entre S_2 et le +. Relever très soigneusement l'indication qui doit être voisine de la 1/2 tension batterie (à peu près 2,5 V). Faire varier la fréquence par la Raj. 47 kΩ, retrouver par Pot. le rapport de 1 et constater que le voltmètre indique à nouveau la même tension.

Nous savons donc maintenant que lorsque le voltmètre indique cette tension, le rapport cyclique est de 1.

- Réaliser alors le montage de la figure IX-25 l'oscillo étant en position « balayage extérieur ». Connecter du 50 Hz en provenance du secteur à l'entrée verticale. Relier l'entrée horizontale à la sortie de l'unijonction (donc aux bornes de 0,1 μF).
- Tourner la Raj. 47 kΩ, à fond à gauche, puis repartir lentement vers la droite jusqu'à observer sur l'écran, 4 lignes courbes, horizontales, aussi immobiles que possible : la fréquence de la dent de scie est alors de 4 × 50 = 200 Hz. Tourner Pot. pour lire sur le voltmètre l'exacte tension correspondant au rapport cyclique de 1. Noter la position de l'index.
- Continuer à tourner Raj. 47 kΩ vers la droite et faire apparaître 5 lignes. La dent de scie est en 250 Hz. Régler Pot. au rapport 1. Noter la position de l'index.
- Procéder de même de 50 Hz en 50 Hz jusqu'à 500 Hz.

Le tableau suivant donne les temps correspondant à chaque fréquence :

F	200	250	300	350	400	450	500
T = 2 t	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{350}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{450}$	$\frac{1}{500}$
t ms	2,5	2	1,66	1,43	1,25	1,11	1

On établira la graduation après tracé de la courbe d'étalonnage sur papier millimétré : porter les angles relevés en abscisses et les temps t en ordonnées. On constatera que la graduation obtenue est linéaire (du moins si le potentiomètre l'est bien). Les graduations sont donc quasi équidistantes.

N.B. — Si l'on n'obtenait pas les points 2,5 ms ou 1 ms dans la course de Pot., il faudrait modifier légèrement les valeurs des résistances butées en série avec Pot. (On augmente l'amplitude de variation en les diminuant.)

Une fois la courbe d'étalonnage tracée, point par point, on en déduira par lecture directe sur le graphique, les écarts angulaires correspondant aux temps t de 1/10 en 1/10 de ms. On dessinera la graduation sur un petit cadran. (Nous avons dessiné le nôtre, sur papier à dessin noir mat, à l'encre de chine blanche.)

Fixer le cadran et munir Pot. d'un bouton flèche en le recalant convenablement. Il ne faudra pas chercher une précision illusoire avec un montage aussi simple : les indications seront valables à 2 ou 3 degrés près (soit pour une course totale de 270° environ, une tolérance de 2 % environ).

Pour terminer le servo-test, replacer le 0,47 μF et caler la fréquence de la dent de scie sur 50 Hz (comparaison avec le secteur).

Le bouchon 7 broches « sort » les tensions nécessaires à l'essai d'un servo.

Le +, le 0V, le —, S_1, S_2. On pourra prévoir alors des cordons intermédiaires comportant chacun un connecteur 7 broches d'une part et un connecteur correspondant au servo testé.

N.B. — L'étalonnage du servo-test se fait en quelques minutes et de manière directe, si l'on possède le TFX1, utilisé en impulsiomètre.

Un mini servo-test

Nous vous proposons également un servo-test particulièrement simple et de prix de revient très bas. La Fig. IX. 26 montre le schéma et la réalisation.

Un circuit C.MOS type 4001 suffit : les portes 1 et 2 constituent un multivibrateur oscillant sur 50 Hz et qui déclenche le monostable réalisé avec les portes 3 et 4. Le créneau utile est prélevé en S. La variation de durée de l'impulsion *positive* est provoquée par la manœuvre de P : Curseur côté +, durée minimum, (0,9 ms). Curseur côté —, durée maximum (2,2 ms).

Nous vous laissons faire l'inventaire des composants nécessaires. Notons simplement que P est un potentiomètre linéaire, genre P20, par ex.
La figure montre le tracé du circuit imprimé à réaliser et enfin la pose des composants. Liaisons à la batterie 4,8 V d'alimentation, vers le servo à tester, terminerons cette réalisation.

La mise en service est immédiate. L'étalonnage du cadran de P se fera soit à l'impulsiomètre numérique, soit à l'oscilloscope étalonné, soit au pire en utilisant un servo connu et en marquant seulement le neutre et les fins de course. Pour modifier les temps en début ou fin de graduation :

- La 120 kΩ, curseur au + est à régler en premier pour le temps minimum désiré.
- La 22 kΩ, curseur vers le —, est à régler ensuite pour le temps maximum.

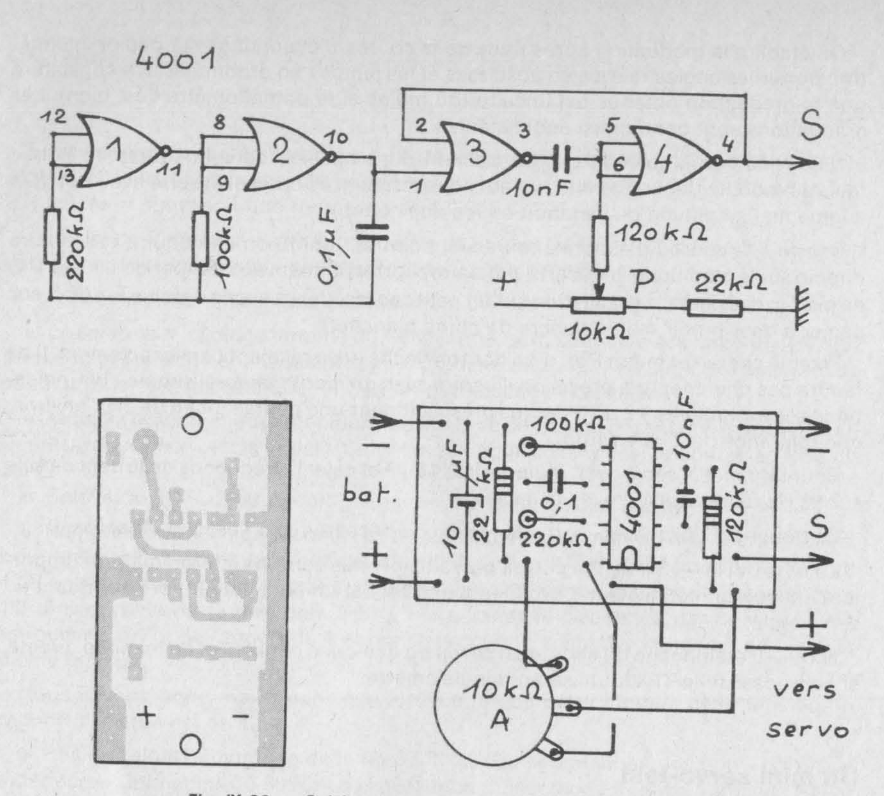


Fig. IX-26. — Schéma et réalisation d'un mini servo-test

Sur cette dernière description s'achève notre série de montages pratiques. Les servo-mécanismes sont le dernier élément de la chaîne d'une installation RC. Nous vous avons proposé ce qui se fait de mieux pour le moment. A vous donc, de soigner particulièrement votre travail, pour obtenir de bons résultats, tant sur le plan des performances pures, que sur celui de la fiabilité à court et long termes. Rappelez-vous sans cesse que la destruction d'un modèle d'avion tient à un fil... à une soudure ! Il y a de quoi réfléchir et agir en conséquence pour qu'une telle éventualité ne survienne pas !

Mais il ne suffit pas de réaliser l'installation RC, il faut encore l'utiliser ! Les chapitres suivants vous proposent quelques conseils, qu'une vingtaine d'années d'expérience nous a enseignés et dont nous vous proposons de bénéficier !

Chapitre 10 BATTERIES ET CHARGEURS

L'émetteur, le récepteur et les servo-mécanismes de nos ensembles sont tributaires de leur alimentation. Ces ensembles étant portatifs, cette alimentation est toujours faite par des piles ou des accumulateurs.

Les piles sont un recours facile et apparemment économique pour des montages consommant peu (moins de 50 mA). Dans ce cas, elles peuvent parfaitement convenir, comme pour le plus banal des « postes à transistors ».

Cependant, dès que le débit s'élève, les piles sont de mauvais générateurs et la batterie d'accumulateurs s'impose.

A. Les Accumulateurs

1. L'accumulateur au plomb

Lourd et d'un emploi difficile à cause de son électrolyte à base d'acide sulfurique. Certains modèles pour modélisme (Dary) sont à électrolyte solidifié et donc bien moins délicats. Assez bon marché, ils ont une vie assez brève, même et surtout si on ne les utilise pas. Ils exigent une surveillance régulière pour une conservation en bon état. Peu utilisables dans les boîtiers des émetteurs, dans lesquels les émanations acides seraient dangereuses pour les composants et les connexions, leur tension s'adapte mal aux exigences des récepteurs, calculés pour 4,8 V en général. L'élément au plomb donne en effet 2 V, soit 4 V avec deux éléments, ce qui est trop peu et 6 V avec trois, ce qui est trop et de plus, supprime la possibilité du point milieu.

Par contre l'accu au plomb peut constituer un bon générateur pour la propulsion des modèles de bateaux, pour lesquels l'encombrement et le poids importent souvent très peu.

2. L'accumulateur au cadmium-nickel

C'est le générateur idéal... ou presque, pour les applications RC.

Légers, étanches, d'un entretien nul, d'un prix de revient très abordable, ils ont presque toutes les qualités.

Nous allons étudier les deux modèles disponibles commercialement et adaptés à nos besoins. Nous nous servirons pour cela de documents aimablement fournis par la SAFT, firme française qui fabrique et commercialise ce genre d'accumulateurs.

a) *Les éléments VB*

Ils se présentent sous la forme de cylindres très plats, d'où le nom de « boutons » qu'on leur attribue souvent.

La figure X-1 donne la structure interne de ces éléments. Ils comprennent :

— Des électrodes frittées.

— Un séparateur poreux.

— Un électrolyte alcalin.

— Deux coupelles d'acier, serties sur un joint isolant.

La tension nominale d'un élément est de 1,20 V.

Fig. X-1. — Structure interne des VB.

VUE ECLATEE DE L'ELEMENT VB 22

1. Coupelle positive
2. Connexion positive (soudée à la coupelle 1)
3. Joint isolant
4. Electrode positive
5. Séparateur
6. Electrode négative
7. Connexion négative
8. Ressort
9. Coupelle négative

La capacité nominale C_5 dépend des dimensions. Nous trouvons dans le tableau ci-dessous, les modèles disponibles :

Type	Capacité nominale C_5	Dimensions maximales		Poids
	mAh	Epaisseur mm	Diamètre mm	g
VB 4	40	6,0	15,7	3,5
VB 10/VB 10 E	100	5,3	23,0	7
VB 22/VB 22 E	220	7,8	25,1	12
VB 30/VB 30 E	300	5,5	34,7	18
VB 60/VB 60 E	600	9,8	34,7	31

Charge

La charge doit normalement se faire à *intensité constante.*

Les intensités de charge sont données par rapport à la capacité nominale. Par exemple une charge à 0,1 C_5/A correspond à 10 mA si la capacité C_5 de l'élément est de 100 mAh.

— *Charge normale :*

Régime maximum de 0,1 C_5/A pendant 14 h.

Ex : 60 mA max. pendant 14 h pour les éléments VB60.

— *Charge rapide :*

Il faut d'abord décharger complètement l'élément, sans laisser descendre la tension en dessous de 1,1 V puis le charger en limitant strictement la capacité chargée. Par exemple : 50 mm à C_5/A restitue 80 % de la capacité nominale.

— *Charge permanente :*

Elle permet de maintenir un élément toujours prêt à l'emploi. Voici les valeurs des courants nécessaires :

VB4	VB10	VB22	VB30	VB60	
2	5	11	15	30	mA

Décharge.

La capacité maximale restituée dépend essentiellement de l'intensité de décharge, comme le montre la figure X-2.

Ainsi, en déchargeant au 1/10 de C_5/A on restitue 100 % de C_5, mais à C_5/A on n'a plus que 80 %. Le tableau est donné pour un élément VB10. Pour les autres éléments, il suffit d'établir les valeurs proportionnellement à la capacité nominale.

— Décharge continue à 20 ± 5 °C

Intensité maximale admissible en continu : 1 A.

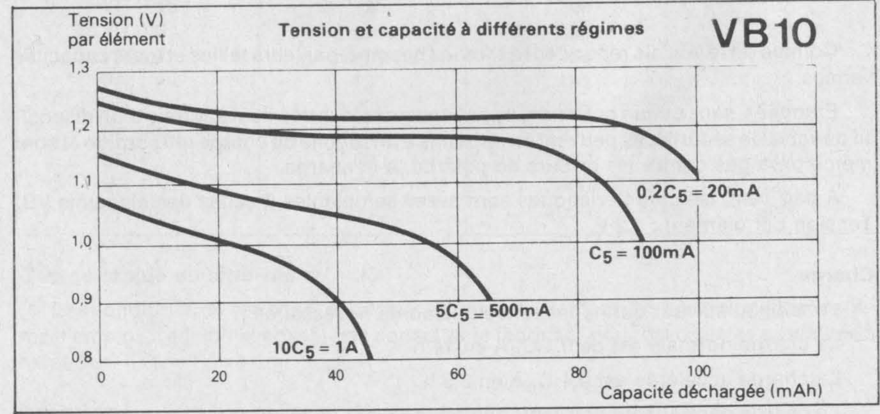


Fig. X-2. — Caractéristiques de décharge des éléments VB. Courbes pour un VB10. Pour un autre élément, multiplier par le coefficient convenable : Ex : par 3 pour un VB30, par 6 pour un VB60.

Batteries.

Les éléments peuvent être associés en batteries pour avoir des tensions globales, multiples de 1,2 V. Cet assemblage peut se faire par l'usager lui-même, (dans ce cas, demander à la commande, des éléments munis de cosses à souder) ou par le fabricant. Le nombre des éléments allant de 2 (2,4 V) à 24 (28,8 V), quel que soit le type d'élément.

b) Les éléments VR.

Ces éléments comprennent les mêmes constituants que les VB, mais se présentent sous la forme de cylindres. (Voir Fig. X-3).

Les modèles disponibles sont référencés dans le tableau ci-dessous :

Type	Réf. CEI KR	Format pile correspondant	Capacité nominale C_5Ah	Accumulateurs gainés		
				Dimensions max.		Poids (g) max.
				Hauteur mm	Diamètre mm	
VR 01 1/3AA	15/18		0,100	17,4	14,5	11
VR 0,45 1/2A	17/29		0,450	28,1	17,3	21
VR 0,5 AA	15/51	R 6	0,500	50,2	14,5	24
VR 0,7 1/2 C	27/26		0,700	26,2	25,9	39
VR 1,2 RR	23/43		1,2	42,1	22,7	51
VR 2 C	27/50	R 14	2	49,7	25,9	77
VR 2,5 2/3 D	35/44		2,5	43,5	32,9	105
VR 4 D	35/62	R 20	4	60,5	32,9	150
VR 7 F	35/92		7	91,3	32,9	240
VR 10 SF	44/91		10	89,2	41,7	400

Comme on le voit, ils répondent à tous les besoins, par leurs tailles et leurs capacités variées.

Etanches, sans aucun entretien, ils ont une grande durée de vie. Munis d'un dispositif de valve de sécurité, ils peuvent être soumis à un régime de charge ultrarapide et sont même protégés contre les erreurs de polarité, à la charge.

A part cela, les caractéristiques sont assez semblables à celles des éléments VB. Tension par élément : 1,2 V.

Charge

Le tableau suivant donne les renseignements nécessaires :

La charge normale est de 0,1 C_5/A en 14 h.

La charge accélérée est 0,4 C_5/A en 3,5 h.

La charge permanente doit tenir compte de l'état de décharge. Le tableau indique les intensités pour des éléments déchargés de 80 à 100 % de C_5. Pour des décharges moins importantes, il suffit de diminuer proportionnellement l'intensité.

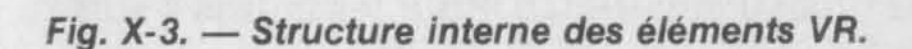
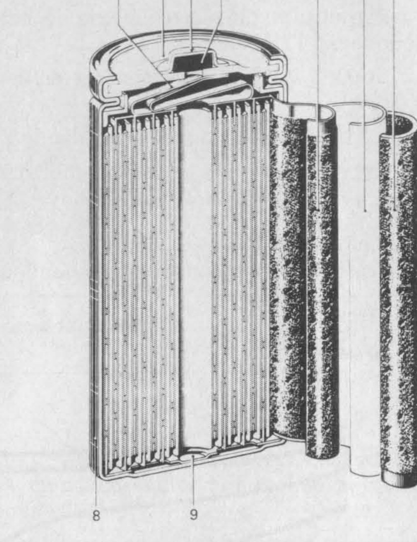


Fig. X-3. — Structure interne des éléments VR.



VUE ECLATEE D'UN ELEMENT VR 4-D

1. Connexions positives
2. Couvercle
3. Bossage central (pôle positif)
4. Dispositif de sécurité
5. Plaque positive
6. Séparateur
7. Plaque négative
8. Bac en acier nickelé
9. Connexions négatives

	CHARGE (en mA)		
	normale	accélérée	permanente
VR 0,1	10	40	6
VR 0,45	45	180	27
VR 0,5	50	200	30
VR 0,7	70	280	42
VR 1,2	120	480	72
VR 2	200	800	120
VR 2,5	250	1000	150
VR 4	400	1600	240
VR 7	700	2800	420
VR 10	1000	4000	600

Charge rapide ou ultra-rapide

Les conditions de ces charges dépendent essentiellement des conditions particulières d'emploi. Il est indispensable de consulter le fabricant pour préciser les modalités à respecter.

Décharge

Encore une fois, la capacité restituée à la décharge, dépend essentiellement de l'intensité débitée.

A 0,2 C_5/A, on restitue 100 %.

A 5 C_5/A, on ne récupère que 60 % environ.

Par ailleurs, plus le régime de décharge est sévère, moins grande est la tension fournie par l'élément.

De 0,2 C_5/A à C_5/A, la tension est remarquablement constante et égale ou supérieure à 1,2 V.

A 5C_5/A, cette tension est inférieure à 1,10 V.

La figure X-4 montre cette situation pour un élément VR 0,5. Pour les autres il suffit d'établir les valeurs proportionnelles à la capacité.

Décharge continue à 20 ± 5 °C.
Intensité maximale admissible en continu : 5 A.

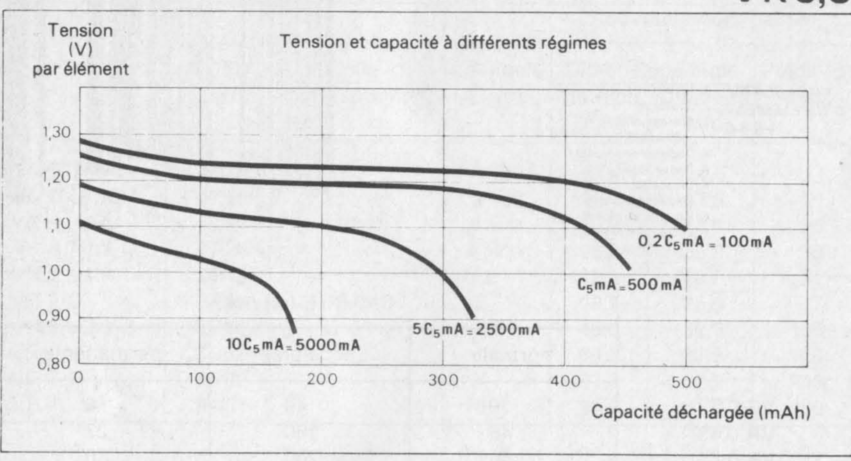


Fig. X-4. — Caractéristiques de décharge des éléments VR. Courbes pour un VR 0,5. Pour un autre élément, multiplier par le coefficient convenable.
Ex : par 1,2/0,5 par un VR 1,2.

Batteries

Les éléments VR peuvent, évidemment se raccorder en batteries.

Comme pour les VB, le fabricant fournit des associations allant de 2 à 24 éléments.

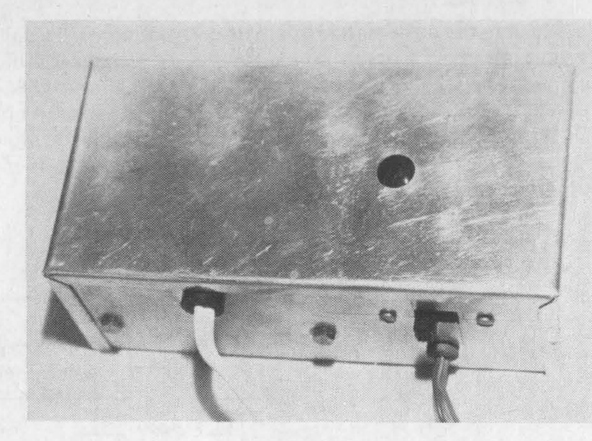


Photo X-A. — Présentation extérieure d'un chargeur.

B. Les chargeurs

Nous vous proposons quelques exemples de chargeurs très simples. Les modèles décrits ont un débit maximal de 50 à 75 mA, ce qui correspond au régime de charge maximal des batteries classiques des ensembles RC.

Le principe étant connu, il sera facile de concevoir des modèles plus performants, dans le cas d'applications particulières.

1. Chargeur minimal 110 V

Comme les autres modèles, ce chargeur est prévu pour recharger simultanément les batteries de l'émetteur et la batterie de l'ensemble de réception.

Voir le schéma en figure X-5.

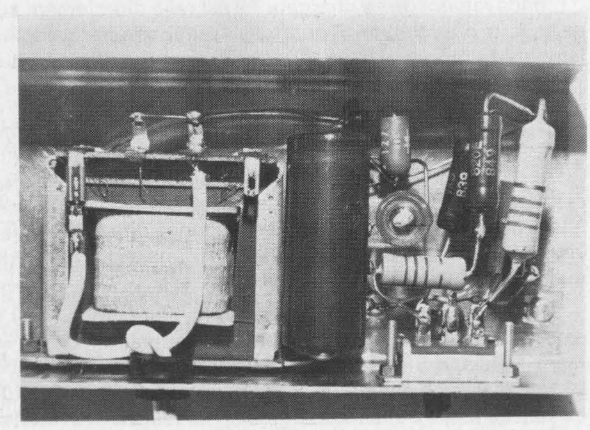


Photo X-B. — Disposition possible des composants du chargeur à transformateur.

Ce schéma ne demande guère de commentaires. Il s'agit d'un montage redresseur à simple alternance, avec condensateur de filtrage. La diode, dans la sortie 25 mA, empêche la décharge de la batterie 12 V dans celle de 4,8 V, en cas de panne de secteur pendant la charge. Les résistances seront ajustées pour obtenir les intensités prévues. On pourra choisir des résistances bobinées, à collier de réglage, pour une mise au point facile. Nous vous laissons le « plaisir » de calculer vous-même la puissance à prévoir pour ces résistances. ($P = RI^2$)

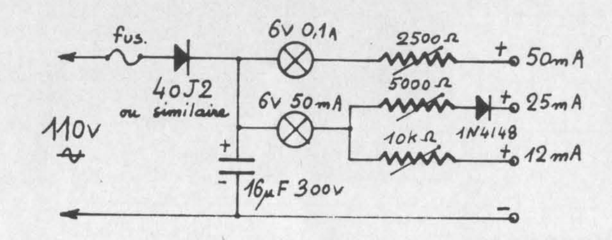


Fig. X-5. — Chargeur minimal 110 V

Le gros intérêt de ce chargeur est que le débit de charge ne dépend pratiquement pas de la tension de la batterie à charger : Il est possible d'en brancher plusieurs en série, sans faire varier sensiblement le débit. Cette condition est favorable pour les éléments VB et VR, pour lesquels il faut justement charger à intensité constante. On aura les possibilités suivantes :

— Charger les 2 batteries Rx et Tx, type 500 mAh, en série, à plein régime, (12 à 14 h max.) sur la prise 50 mA, ou à 1/2 régime (charge d'entretien) sur la prise 25 mA.

— Charger une batterie Rx 500 mAh et une batterie 250 mAh, à plein régime, la première sur la prise 50 mA et la seconde sur la prise 25 mA, ou à 1/2 régime, la première sur 25 mA et la deuxième sur 12 mA.

Inconvénient de ce chargeur : il est relié directement au secteur. *Il y a donc danger de se faire électrocuter.* Tout risque est écarté par l'emploi d'un transformateur d'isolement, de rapport 1/1 en 110 V et de rapport 1/2 dans le cas du 220 V.

2. Chargeur 110/220 V à transfo (Fig. X-6)

Le risque précédent est éliminé, le chargeur dissipe aussi beaucoup moins de calories. Un petit transfo délivre au secondaire, une trentaine de volts, redressés et filtrés pour permettre la charge simultanée des batteries Tx et Rx. La photo A montre une réalisation possible. Pour réaliser T_A, prendre un transfo de haut-parleur, marque Audax, type 37 × 44, Z = 7 000 Ω.

Supprimer le secondaire en gros fil. Rebobiner 1 800 spires de fil émaillé 10/100, dans le même sens que l'enroulement primaire existant et prolongeant cet enroulement. Puis après interposition d'une couche isolante, bobiner 500 spires de fil émaillé 22/100. Remonter le circuit magnétique en croisant les tôles, contrairement à ce qui existait au départ. Il restera à fignoler les valeurs des résistances pour obtenir les débits

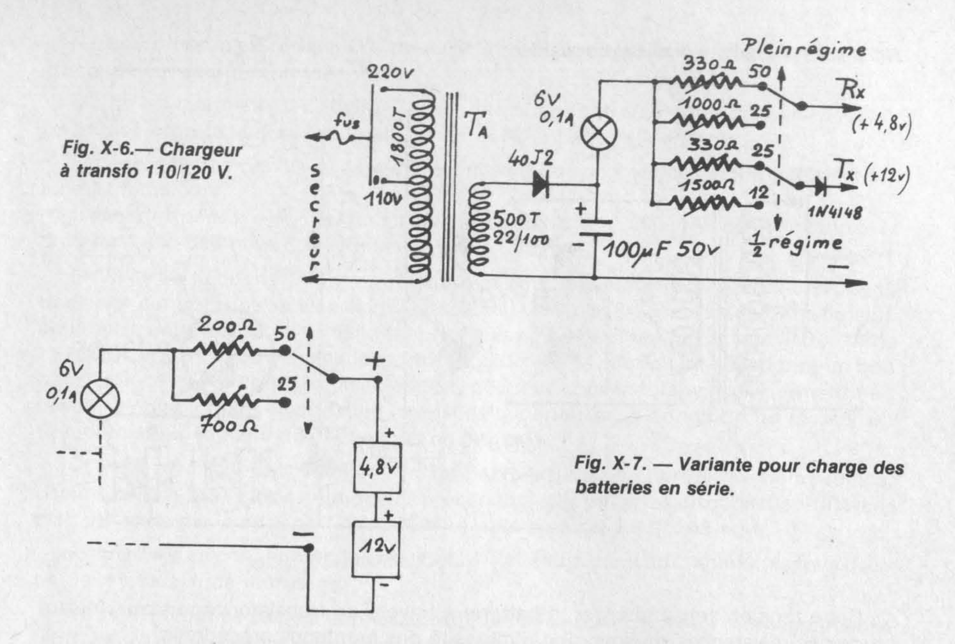


Fig. X-6.— Chargeur à transfo 110/120 V.

Fig. X-7. — Variante pour charge des batteries en série.

exacts. Le schéma de la figure X-6 est prévu pour des batteries de 500 mAh et 250 mAh. Si l'on a un ensemble avec 2 batteries de 500 mAh, on mettra ces accus en série et le chargeur sera monté avec la variante de la figure X-7. Dans les deux cas, on peut obtenir les deux régimes de charge.

3. Chargeur à intensité constante

Le chargeur minimal a l'avantage de donner une intensité pratiquement indépendante de l'état de charge de la batterie, ce qui correspond aux recommandations du fabricant. Par contre, il chauffe beaucoup.

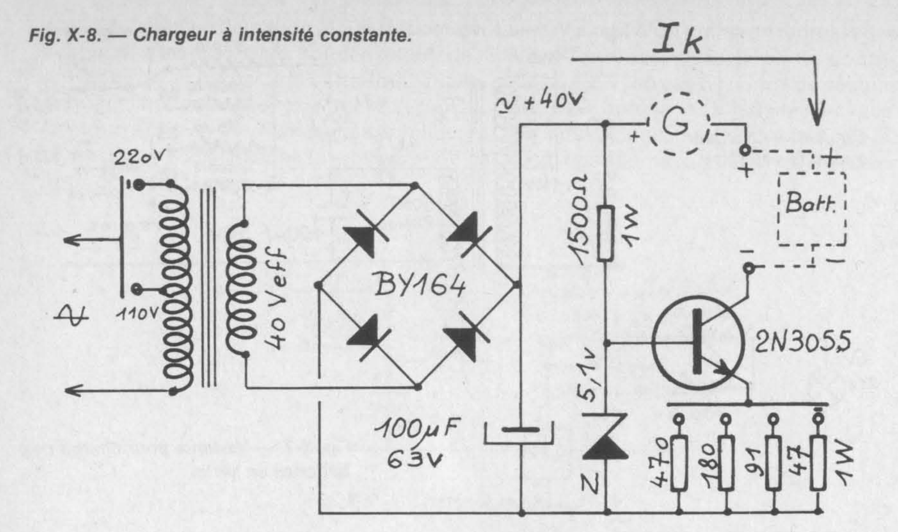
Le chargeur à transfo, n'a plus cet inconvénient mais l'intensité de charge est moins constante. Elle diminue un peu en fin de charge et surtout dépend énormément de la tension de la batterie à charger. Les résistances réglant le débit devant être déterminées pour un type précis de batterie. Pour minimiser le défaut, la tension de sortie du secondaire du transformateur doit être aussi élevée que possible.

Il serait donc intéressant d'avoir un chargeur possédant les avantages de l'un et de l'autre. Le modèle suivant prétend répondre à ce souhait.

On en trouve le schéma en figure X-8.

Un transformateur délivre une quarantaine de volts redressés en double alternance par un pont de diodes et filtrés par un condensateur. La tension de sortie continue disponible en charge est de 40 à 50 V.

Fig. X-8. — Chargeur à intensité constante.



Cette tension sert à charger la batterie à travers un transistor régulateur, faisant office des résistances de limitation d'intensité des montages précédents.

Mais ce transistor est monté « à intensité constante » : sa base est portée à un potentiel fixe, stabilisé à 5,1 V par une diode zener. La tension d'émetteur doit s'aligner sur cette tension, au potentiel de jonction près : l'émetteur se portera ainsi à 5,1 — 0,5 = 4,6 V environ.

Cette tension d'émetteur est produite par la différence de potentiel provoquée par le passage de l'intensité I_{ch} dans la résistance R_e.

Si cette intensité tend à diminuer, la tension d'émetteur aussi et le transistor devient plus conducteur, ce qui ramène l'intensité à la valeur prévue. Au contraire si l'intensité augmente, le transistor tend à se bloquer et contrôle encore le débit. L'état de charge ou de décharge, la tension de la batterie à charger sont donc, dans une très large mesure, sans effet sur l'intensité traversant le transistor, c'est-à-dire finalement sur l'intensité de charge.

Pour amener le débit à la valeur souhaitée, il suffit de déterminer R_e en conséquence

$$R_e = \frac{4,6}{I_{ch}} \text{ (à ajuster expérimentalement)}$$

Le tableau suivant donne les valeurs pour les intensités principales :

I_{ch}	10	25	50	100	mA
R_e	460	180	90	46	Ω/1 W

— Les différentes résistances peuvent être connectées par l'intermédiaire d'un commutateur rotatif ou à touches.

— Un galvanomètre 0 à 100 mA serait utile pour contrôler le bon fonctionnement. Le brancher entre la sortie redressée et le + de la batterie à charger.

— Avec les 40 V prévus au départ, il est possible de charger des batteries atteignant au maximum 30 V.

Il est donc possible de charger en série, la batterie 12 V, 500 mAh de l'émetteur et la batterie 4,8 V, 500 mAh du récepteur.

— Avec un débit maximum de 100 mAh et pour une batterie à charger de 20 V, le transistor contrôle une tension excédentaire de : 40 — (20 + 4,6) = 15,4 V. Cette tension apparaîtra entre collecteur et émetteur. La puissance dissipée par le transistor est de 15,4 x 0,1 = 1,54 W ce qui n'est pas très considérable. On choisira cependant un bon transistor du genre 2N3055, associé à un radiateur convenable, ce qui permettra au besoin d'obtenir, sans risque, des intensités supérieures, à condition de monter un transformateur capable de débiter ces courants.

— Petit revers de la médaille : il n'est pas possible de charger en même temps, comme cela se faisait avec les modèles précédents, des batteries de capacités différentes : par exemple la batterie 12 V, 250 mAh et la batterie 4,8 V, 500 mAh.

Il faut, dans ce cas, monter deux circuits régulateurs complets, alimentés tous deux par la même source redressée.

Nous n'indiquons pas les données pratiques de la réalisation. Le montage peut se faire sur un CI spécialement dessiné ou sur plaquette de véroboard ou même en câblage traditionnel, sur relais à cosses.

Le transformateur du montage précédent peut convenir si l'intensité de charge ne dépasse pas 100 mA. Bobiner 600 spires au lieu de 500.

4. Charge sur batterie de 12 V (automobile)

Cette solution est fort intéressante pour le camping ou le vol de pente. Le montage de l'émetteur est légèrement différent (voir fig. X-9). En position charge, les 2 batteries

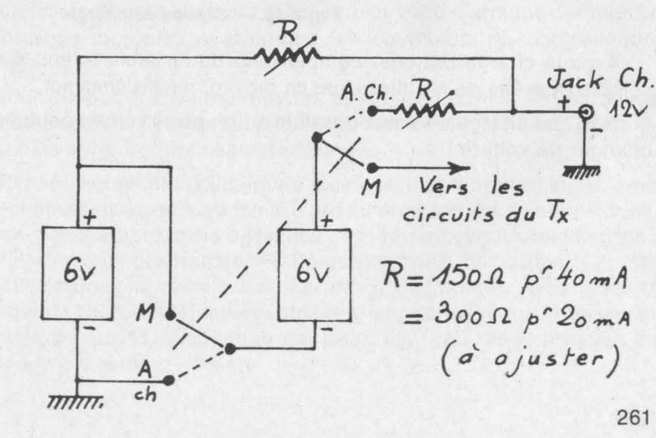


Fig. X-9. — Câblage Tx pour charge batterie.

de 6 V du Tx sont connectées en parallèle, par l'intermédiaire d'un inverseur double, servant en même temps d'interrupteur. 2 résistances limitent l'intensité à la valeur choisie. En fonctionnement normal, les batteries sont reconnectées en série.

On réalisera enfin un cordon de charge double (voir fig. X-10). La résistance de 150 Ω amène le débit de charge de la 4,8 V à 50 mA environ. Celle de 20 Ω, intercalée dans le cordon émetteur, est destinée à éviter un court-circuit « explosif » lors de l'introduction du jack, le cordon étant déjà relié à l'accu de 12 V. Nous recommandons d'ailleurs, pour tous les chargeurs de :

— Brancher d'abord les accus à charger, puis en dernier, relier à la source de charge, secteur ou accu de voiture.

— Débrancher d'abord la source de charge, puis les accus lorsque ceux-ci sont chargés.

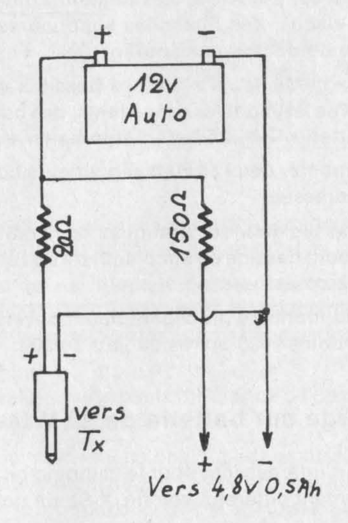


Fig. X-10. — Cordon de charge.

Avec la charge batterie, compte tenu de la faible intensité consommée, il nous semble possible de n'utiliser que ce moyen, même chez soi.

N.B. : La charge n'est pas possible si l'on a une voiture équipée en 6 V. Dans ce cas, changer de voiture !

Chapitre 11 CONSEILS D'UTILISATION

L'utilisation des ensembles RC a des impératifs qu'il est indispensable de respecter si l'on veut en avoir un maximum de satisfaction.

Les problèmes « bateau » et « avion » sont très différents, mais ce qui convient à l'avion, convient également au bateau, pour lequel les exigences sont moins sévères.

Partant du bon vieux principe qui veut que « qui peut le plus, peut le moins » c'est à l'emploi des ensembles RC en modélisme **AVION** que nous consacrerons les lignes suivantes.

A. Montage dans la cellule.

1. Montage du récepteur

Le bloc récepteur-décodeur se place généralement dans le modèle d'avion, à l'avant de la partie centrale du fuselage, sensiblement à l'aplomb du bord d'attaque de l'aile. Le fuselage comporte presque toujours, à cet endroit, un couple solide, contre lequel s'appuiera le récepteur.

Le problème majeur à résoudre, dans un avion, est la lutte contre les vibrations créées par le moteur à explosion. Ces vibrations sont souvent violentes, mais d'amplitudes relativement faibles et de fréquences assez élevées.

Si le récepteur est mécaniquement solidaire du fuselage, il va vibrer lui aussi, avec toutes les conséquences fâcheuses qu'il est facile d'imaginer : ruptures de connexions, bris de condensateurs, par exemple, mais aussi des conséquences plus insidieuses : déréglage progressif des noyaux des transfos FI. Démontez donc, par curiosité, un de ces petits transfos et imaginez-le soumis aux vibrations du moteur. Ayez aussi la curiosité d'ouvrir un quartz HC25/U (défectueux de préférence !) et quand vous verrez cette minuscule lamelle de quartz, suspendue par deux fils fins... vous frémirez en l'imaginant dans le modèle d'avion !!

Nous entendons souvent des modélistes raconter que leurs ennuis commencent avec les motomodèles : « C'est bizarre ! Mon ensemble marchait si bien sur mon planeur... et il me donne tant d'ennuis sur cet avion !! » ou bien : « Ça marche lorsque le moteur est arrêté, et ça bafouille quand il tourne ! Pourtant, un moteur Glow-plug, ça ne donne pas de parasites !! »

Eh bien, messieurs, pas de doute, votre installation n'est pas bonne ! Le récepteur vibre et de là viennent tous vos maux !!

Il faut donc empêcher le récepteur de vibrer !

C'est d'ailleurs très simple. Il suffit de le monter dans de la mousse caoutchouc ou plastique très souple. Mais il faut, de plus, que cette mousse ne soit pas comprimée : le récepteur doit y être presque libre. Il doit pouvoir se déplacer légèrement de manière à vibrer à son **propre rythme** et non pas à celui imposé par le moteur. Or, comme le Rx est une masse compacte et relativement pesante, sa fréquence de résonance est beaucoup plus basse que celles des vibrations moteur : il ne bronchera pas, restera relativement immobile dans l'espace, le fuselage vibrant autour de lui en faisant travailler l'enveloppe de mousse... à condition que *cette mousse soit très souple et non comprimée.*

Le bloc récepteur de nos ensembles mesure 55 x 40 x 35 mm. Il faudrait pouvoir mettre 1 cm de mousse tout autour. La dimension minimum du compartiment nécessaire est alors de :

— en largeur : 40 + 20 mm = 60 mm
— en hauteur : 55 + 20 mm = 75 mm.

Cela nous amène à un maître-couple intérieur minimum de 60 x 75 mm, en plaçant normalement le récepteur, dos à la marche, antenne vers le haut et connecteurs vers l'arrière.

Avant de construire votre avion, vérifiez bien cette donnée essentielle et rejetez toute cellule ne présentant pas ces dimensions minimum !

Découper des rectangles de mousse et les placer selon la figure XI-1. En prévoir un pour le fond et un pour le dessus, ne rien mettre vers l'arrière. Cette mousse de 1 cm minimum d'épaisseur doit laisser un vide exactement égal au volume du récepteur, celui-ci s'y glissant à frottement doux, *sans aucune compression.*

Utiliser de préférence de la véritable mousse caoutchouc, ou à la rigueur de la très bonne mousse plastique, très souple.

Ainsi installé, soyez sûr, que vous n'aurez aucun ennui avec les vibrations !

L'antenne sort par le haut du boîtier Rx. La passer par un petit trou latéral, ménagé dans le flanc droit du fuselage. Tirer le fil vers l'arrière et le fixer par un petit élastique tendeur, à l'extrémité droite du plan fixe horizontal. Dans ces conditions, l'antenne s'écarte au maximum des servo-mécanismes et risque moins de capter leurs inévitables parasites.

Ne jamais faire passer le fil d'antenne par dessus le plan des ailes. En cas d'atterrissage dur, l'aile peut partir vers l'avant, en arrachant ce fil.

Avec un avion à aile basse, sortir l'antenne en haut du fuselage, à l'aplomb du récepteur et la tirer vers le haut de la dérive.

De toute façon, s'arranger pour que le fil d'antenne soit aussi droit que possible, depuis sa sortie du récepteur, jusqu'à l'extrémité. En principe, un seul virage : juste à la

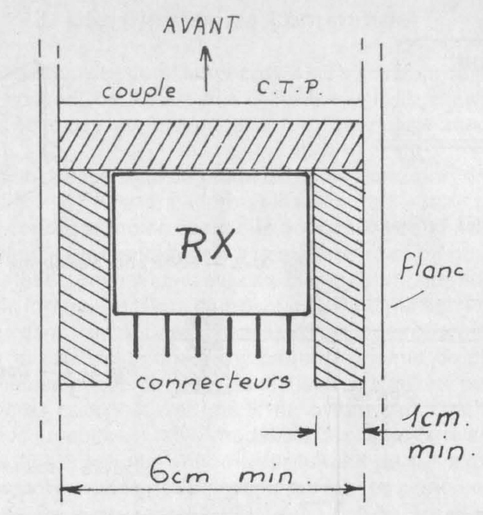


Fig. XI-1. — Protection du RX contre les vibrations.

sortie du fuselage. Ne pas oublier que cette antenne joue un rôle important dans l'accord du bobinage d'entrée du récepteur : il faut donc essayer de la placer à peu près comme elle était, lors du réglage.

2. Montage des servo-mécanismes

Nous avons décrit deux types de servos, les modèles sans électronique et les autres. Sans électronique, les servos sont peu sensibles aux vibrations. Avec l'électronique, ils sont plus fragiles et nécessitent de plus grandes précautions.

De plus, coexistent deux conditions contradictoires :

— Il faut des commandes précises et sans jeu. Il est donc nécessaire de fixer les servos rigidement, par rapport au fuselage.

— Il faut lutter contre les vibrations : il faut les fixer de manière aussi souple que possible !

Voyons donc, ce qu'il est nécessaire de faire :

a) **Les Varioprop.** 3 techniques sont possibles :

— Un plancher démontable en CTP de 25 à 30/10 est prévu dans la cellule. Les servos sont fixés par les deux boulons fournis, avec interposition d'un petit passe-fil en caoutchouc, **très souple** (voir la fig. XI-2). Serrer très modérément et coller l'écrou sur la tige à l'araldite, pour qu'il ne se desserre pas. La fixation en diagonale permet une très bonne souplesse, sans préjudice sur la précision ;

— Le servo est simplement collé au « Servo Scotch » sur le fond du fuselage ou sur les parois (utiliser du 3 mm d'épaisseur). Si les surfaces sont propres, le résultat est très bon. Il donne satisfaction, même sur les plus grosses cellules. Les servos ne se décolleront jamais. Par contre, en cas de crash ou de fortes vibrations, le servo-scotch peut se fendre dans l'épaisseur : il faudra donc le surveiller régulièrement ;

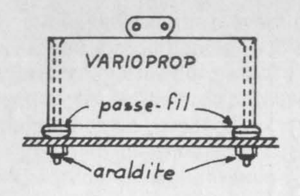


Fig. XI-2. — Pose des Varioprop.

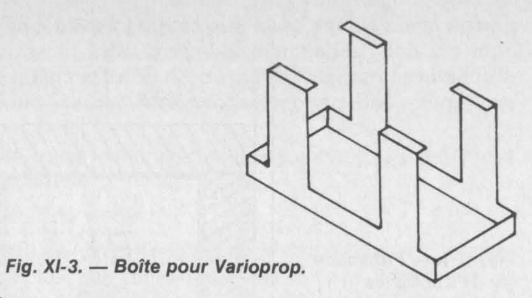
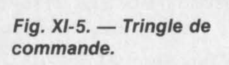


Fig. XI-3. — Boîte pour Varioprop.



Fig. XI-4. — Double amortissement.



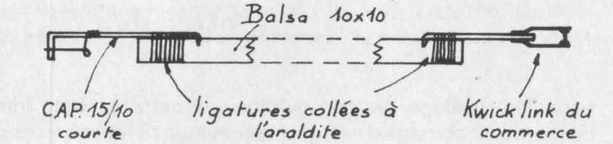


Fig. XI-5. — Tringle de commande.

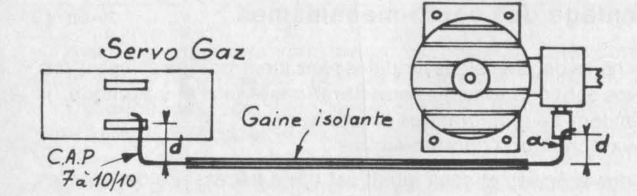


Fig. XI-6. — Commande du moteur.

— Le servo est maintenu dans une boîte très légère, découpée en alu de 7/10 collée au servo-scotch, comme ci-dessus. Les 4 pattes étant plaquées contre le servo par un fort bracelet de caoutchouc (que nous obtenons en découpant une chambre à air de bicyclette). Quelques minutes suffisent alors pour passer un servo, d'une cellule à l'autre. Cette technique est particulièrement intéressante pour le servo ailerons (voir le croquis de la boîte en figure XI-3).

b) **Autres servos** contenant leur électronique :

Attention aux vibrations. Nous recommandons de prévoir un double amortissement (voir fig. XI-4). Le servo est monté par l'intermédiaire de ses propres amortisseurs (généralement en caoutchouc trop dur) sur une plaque de CTP ou d'alu 10/10, elle-même munie de 4 passe-fils aux 4 coins. Choisir pour ces derniers, des modèles bien cylindriques, ∅ extérieur = 11, trou de 3,5, assez courants chez les revendeurs radio.

Ne jamais écraser les passe-fils sinon l'amortissement est nul.

Pour les ailerons, on fera ce que l'on pourra et pour le mieux !

3. Les tringles de commande

C'est là, avec l'installation des commandes, qu'il sera possible de reconnaître le bon modéliste ! Car très souvent on trouve des cellules sur lesquelles ce point est très négligé. Ce qui n'empêche pas leur propriétaire, d'exiger des servos, une précision de 0, ...%. Il faut :

— Une tringle rigide. Utiliser une baguette de balsa assez dur, en 8 x 8 ou 10 x 10, selon la cellule (voir fig. XI-5). Il faudra « former la kwick-link » pour sortir du fuselage. Mais plus il y aura de coudes et moins de rigidité on aura. La commande montée, on ne doit pas sentir de « mou » en manœuvrant à la main le volet de gouverne ;

— Des volets montés soigneusement sur charnières nylon. Attention à la peinture et à la colle. Le volet doit, lorsqu'il est libre, tomber facilement par son propre poids, aussi bien dans un sens que dans l'autre. Les montages utilisant des charnières en monokote nous déplaisent, car le volet reste dur (sans parler du risque de cisaillement de ce matériau). Les charnières en toile donnent du jeu latéral. Nous ne parlerons que pour mémoire des charnières cousues avec du fil de nylon, car c'est du « bricolage ». Personnellement, nous jugeons un radio-modéliste, sur la parfaite exécution mécanique des commandes de ses cellules et non... sur le récit de ses exploits !

— **La commande moteur** pose des problèmes. Il faut en principe, éviter le contact métal sur métal, générateur de parasites. Utiliser un tube souple isolant (tube de rhodoïd par ex.). Une CAP de diamètre minimum : du 7/10 sur les 2,5 cm³, du 10/10 à partir de 5 cm³ (voir la fig. XI-6) !

Les coudes « *d* » permettent d'avoir de la souplesse et ne transmettent pas les vibrations au servo. On enfilera sur l'extrémité « *a* » de la tringle, un petit souplisso serrant, de façon à couper les contacts métalliques. Au-dessus de 5 cm³, il sera préférable de munir cette extrémité *a*, d'une chape réglable et isolante. (Graupner par ex.). Attention, le réglage de gaz ne doit jamais travailler en butée. Le réglage de position étant toujours déterminé par le servo.

Si le sens de branchement de la tringle de commande, sur le servo-mécanisme ne correspond pas à celui de la figure XI-6, nous conseillons d'inverser le sens de déplacement, comme il a été indiqué lors de la mise au point de ces éléments.

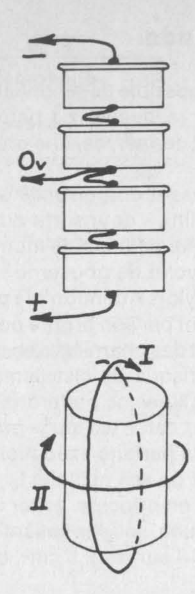
Ainsi la gaîne isolante peut longer le flanc du fuselage et présenter un minimum de coudes.

Les servos montés à demeure dans le fuselage (profondeur, gaz, dérive) sont connectés directement sur le bloc récepteur.

Pour le servo des ailerons, monté sur l'aile, il est indispensable de fabriquer un prolongateur de 10 à 15 cm, enfiché de manière permanente sur le RX, mais à l'extrémité duquel il sera facile de brancher ou de débrancher le servo d'ailes, à chaque montage ou démontage de la cellule.

4. La batterie

La batterie de réception est généralement de 4,8 V 500 mAh. Une capacité inférieure est à déconseiller car l'autonomie devient insuffisante et surtout, les appels de courant des moteurs en action, provoquent des baisses de la tension, qui se répercutent sur l'ensemble et provoquent des interréactions sur les servos.



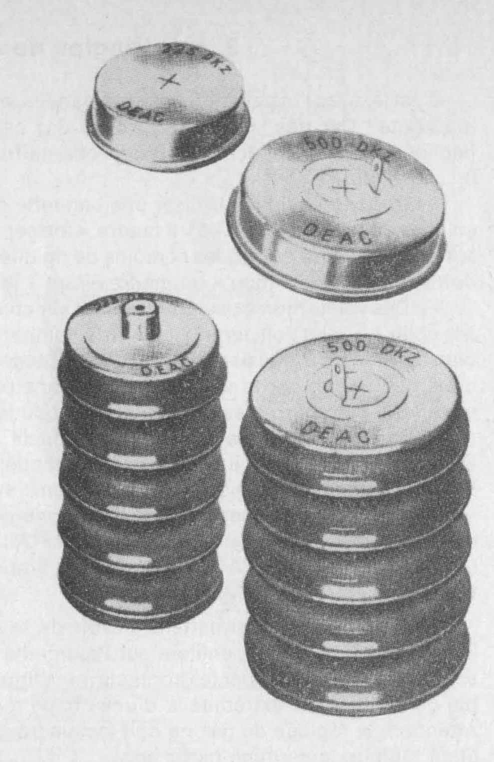


Fig. XI-7. — Réalisation de la batterie 4,8 V du récepteur, aves des éléments séparés. Enrubanner avec du chatterton plastique, dans le sens I, puis dans le sens II.

Fig. XI-8. — Batteries Deac pré-assemblées. Pour l'émetteur universel Tout ou Rien prendre ces modèles (ou les Varta), car les SAFT sont trop longues.

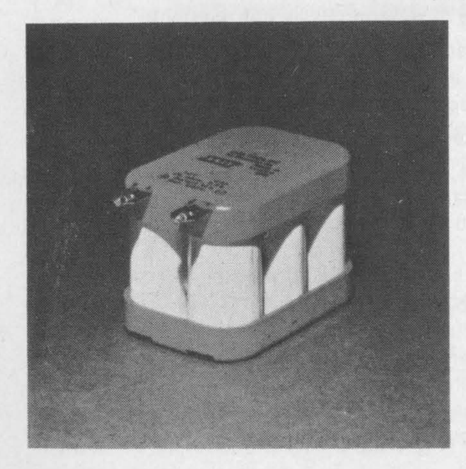


Fig. XI-9. — Un exemple d'éléments VR assemblés en batterie.

Le choix classique est celui de 4 éléments bouton de 1,2 V, 500 mAh (VB60).

Ces éléments munis de cosses sont reliés par de petits fils souples et formés en bloc compact, en enroulant dans les deux sens de la figure XI-7, des tours de chatterton plastique. Notons que des boîtiers plastiques spéciaux sont disponibles commercialement. Des batteries pré-assemblées sont également vendues (fig. XI-8). Prévoir ou non la sortie du point milieu (0 V) selon le type de servo utilisé. Une telle batterie assure une autonomie de plusieurs heures de vols discontinus.

Bien entendu, les éléments VR constituent une solution de choix.

— soit 4 éléments VR 0,5, 500 mAh, 100 g.
— soit 4 éléments VR 0,7, 700 mAh, 160 g.
— soit 4 éléments VR 1,2, 1 200 mAh, 220 g.

Avantages :

- Faible résistance interne donnant un minimum d'interréaction entre servos.
- Possibilité de recharge accélérée.

Des boîtiers spéciaux d'assemblage en batteries sont aussi disponibles commercialement. Par ailleurs, la SAFT fournit des batteries pré-assemblées. (Fig. XI-9).

Quel que soit le choix, la batterie de réception est installée dans le compartiment avant. Elle contribue ainsi au centrage de la cellule. Peu sensible aux vibrations, il suffit de l'envelopper d'une feuille de mousse et de bien la caler.

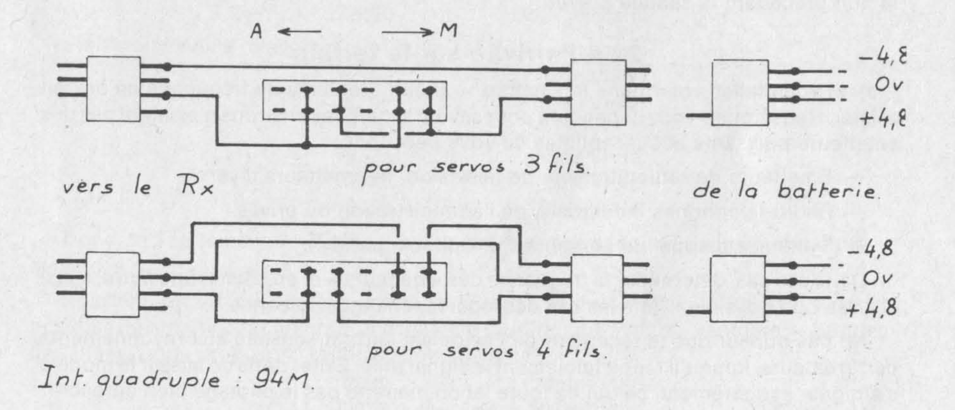


Fig. XI-10. — Cordon interrupteur avec ou sans Ov.

5. Interrupteur

La liaison batterie est assurée par un petit câble à 2 ou 3 conducteurs, terminé par un connecteur femelle, 3 ou 4 broches.

Un cordon interrupteur est intercalé entre la batterie et le bloc de réception. L'interrupteur est un 94M de Jeanrenaud, à 4 inverseurs.

Avec 2 fils, monter les 4 interrupteurs en parallèle, par sécurité.

En 3 fils, monter ces interrupteurs deux par deux. (Voir fig. XI-10.)

L'interrupteur peut être logé dans un boîtier plastique spécial.

Le fixer contre le flanc gauche du fuselage.

B. Sur le terrain

1. Avant le départ

L'ensemble RC est supposé en parfait état de marche. L'installation faite dans les règles. Le fonctionnement a été longuement vérifié...

— *A distance : la portée au sol doit atteindre 500 m minimum,* pour tous les montages décrits.

— *A proximité :* pour constater que les effets de la saturation sont nuls ou sans inconvénient pratique. Il faut en effet pouvoir assurer un envol correct du modèle, soit par roulage soit par lancer à la main.

— *Moteur en marche :* à différents régimes, pour vérifier que les vibrations ne causent pas d'ennuis ou de dégâts. Vider ainsi plusieurs réservoirs, l'avion posé sur un bati, pas trop rigide.

Ne jamais partir pour une séance de vol, sans une charge préalable des batteries. Personnellement, nous laissons l'ensemble en charge à 1/20 C_5/A (1/2 régime) pendant la nuit précédant la séance prévue.

2. A l'arrivée sur le terrain

a) Si vous faites voler dans la « nature », aucun problème de fréquence ne devrait exister. Renseignez-vous cependant pour savoir, si dans les environs n'existent pas des émetteurs puissants et susceptibles de vous perturber :

— Emetteurs de radiodiffusion, de télévision, ré-émetteurs divers.

— Radio-téléphones industriels, de l'administration ou privés.

— Systèmes d'appel de personnes. (Hôpitaux, par ex.).

Dans ces cas, déterminer la fréquence des « gêneurs » et en choisir une autre, aussi écartée que possible. Dans les cas désespérés, changer de bande.

Ne pas oublier que le récepteur de l'avion est surtout sensible aux rayonnements perturbateurs, lorsqu'il reçoit faiblement le signal utile. Eviter donc de laisser le modèle s'éloigner exagérément, ce qui de toute façon, ne rend pas le pilotage bien agréable.

b) Si vous faites voler sur un terrain fréquenté par d'autres modélistes, une grande discipline s'impose.

— Il faut que tous les pilotes RC se placent au **même** endroit, sur le terrain.

— Il faut désigner un responsable de l'encombrement et de l'utilisation des bandes.

— Il faut placer, au point de pilotage, un « totem » avec visualisation des fréquences occupées.

— Chaque pilote doit munir son émetteur d'un fanion de couleur indiquant la bande, la fréquence et le mode de modulation.

En 27 MHz, le même code est utilisé mondialement. On le trouve dans le tableau suivant :

Bande des 27 MHz

Fréquence Tx	Couleur
26,975	noir
— 26,995 —	brun
27,025	brun/rouge
— 27,045 —	rouge
27,075	rouge/orange
— 27,095 —	orange
27,125	orange/jaune
— 27,145 —	jaune
27,175	jaune/vert
— 27,195 —	vert
27,225	vert/bleu
— 27,255 —	bleu

Par contre, en 72 MHz règne la plus grande fantaisie. Ainsi le constructeur américain Kraft préconise le code et les fréquences suivantes :

72080	Brun/Blanc
72160	Bleu/Blanc
72240	Rouge/Blanc
72320	Violet/Blanc
72400	Orange/Blanc

Mais nous avons relevé chez un autre fabricant européen :

72125	Brun/Violet
72200	Rouge/Violet
72250	Orange/Violet
72325	Jaune/Violet
72375	Vert/Violet
72450	Bleu/Violet

Donc un écartement de 80 kHz, dans le premier cas et soit 50, soit 75 kHz dans le second.

Pourtant, puisque la bande autorisée en France va de 72 000 à 72 500 kHz, il serait possible de répartir ces canaux d'une manière plus logique et plus « rentable ». A toutes fins utiles, nous proposons la répartition suivante :

72000	**Noir**/Violet
72050	Noir-Brun/Violet
72100	**Brun**/Violet
72150	Brun-Rouge/Violet
72200	**Rouge**/Violet
72250	Rouge-Orange/Violet
72300	**Orange**/Violet
72350	Orange-Jaune/Violet
72400	**Jaune**/Violet
72450	Jaune-Vert/Violet
72500	**Vert**/Violet

ce qui permet déjà 11 canaux espacés de 50 kHz. En espaçant de 25 kHz, le nombre de canaux passerait à 20, avec un code de couleurs se compliquant évidemment un peu : par ex. 72125 kHz serait repéré par Brun-Brun-Rouge/Violet.

Quoi qu'il en soit, compte tenu de la « pagaille » existant actuellement, nous conseillons de toujours disposer un fanion (de couleur, autant que possible) mais portant **en clair**, la valeur de la fréquence utilisée. Après tout, les modélistes ne sont pas tous des débiles et... certains savent lire !

De même, nous conseillons de porter en clair la mention « FM », pour ce type d'émission.

— Dans la mesure du possible, espacer les émissions de 50 kHz, en n'utilisant que les couleurs simples. Cela donne déjà 6 fréquences en 27 MHz et 11 en 72 MHz, soit 17 vols simultanés possibles, ce qui est bien suffisant, même sur les terrains les plus fréquentés. De toute façon, au-delà d'un certain nombre d'avions volant en même temps, les pilotes s'y perdent, certains ayant perdu de vue leuc propre appareil, s'obstinant à piloter celui... du copain ! Imaginez la suite vous-même ! Il va sans dire, que le choix de sa propre fréquence d'émission doit tenir compte de celles des autres, déjà équipés. Si tout le monde arrive sur le terrain avec des émetteurs, tous sur la même fréquence.. rien n'est plus possible !

— Prendre l'habitude de ne **jamais** allumer un émetteur pour faire « un essai ». Si votre ensemble a des problèmes, ce n'est pas sur le terrain qu'il faut les régler. Rangez votre matériel, regardez les autres... ou retournez chez vous !!

Le nombre de beaux avions qui ont été détruits par de telles étourderies (pour ne pas dire plus !) est considérable.

— Ne pas oublier de souscrire une **bonne assurance !!!**

— A l'instant du vol :

- Demander l'autorisation de vol au responsable de piste.
- Allumer en premier l'émetteur et ensuite le récepteur, pour éviter les troubles du Rx, captant à vide, les émissions des autres.

En fin de vol, arrêter le Rx, puis le Tx.

Avant l'ultime instant du décollage, **vérifiez le fonctionnement des gouvernes !**

Vous éviterez ainsi, par exemple, de lancer un avion, dont le récepteur... n'est pas sous tension (que celui qui ne l'a jamais fait, lui lance la première pierre !).

3. Le vol

Si vous êtes débutant, l'aide d'un modéliste expérimenté est indispensable. Sinon, gare à la catastrophe... et à la déception.

Sur les terrains, les bonnes volontés ne manquent pas, mais essayez de choisir un « conseil » vraiment compétent !

La **double commande** (voir plus loin) est un moyen aisé pour franchir ces moments difficiles.

Il est utile de vérifier, en vol, la bonne portée de l'ensemble :

Faire monter l'avion, au-dessus de soi, de plus en plus haut. De temps en temps, court-circuiter de la main gauche la base de l'antenne de l'émetteur, ce qui atténue de 4 à 5 fois le rayonnement. Vérifier la réaction du modèle, en le balançant aux ailerons. Si l'ensemble est correct, on sera surpris de la portée en l'air ! L'essai est absolument sans danger, puisqu'il suffit de lâcher l'antenne pour reprendre le contrôle. Par contre, il est stupide d'envoyer l'avion « au diable » pour voir « jusqu'où ça marche » !

4. La disposition des commandes

Nous conseillons vivement d'adopter la disposition suivante sur l'émetteur :

— Les ailerons, sur le manche de droite, par déplacement droite, gauche.

— Les gaz, sur le même manche, plein gaz en haut, ralenti en bas.

— La profondeur sur le manche de gauche, piqué en poussant, cabré en tirant.

— La dérive sur le même manche, par déplacement droite, gauche.

Cette disposition peut sembler au départ un peu bizarre, mais elle s'explique parfaitement.

Sur un avion à ailerons, les virages se font de la manière suivante :

- On incline l'appareil avec les ailerons, dans le sens du virage désiré.
- Puis on tire légèrement le manche de profondeur.

La conjugaison correcte de ces deux actions donne des virages bien plats, sans perte d'altitude. La disposition des commandes permet de séparer nettement les deux axes de pilotage du modèle, l'axe vertical par la profondeur (main gauche) et l'axe horizontal par les ailerons (main droite). Le pilotage est peut-être, au début, moins intuitif, mais beaucoup plus précis par la suite.

La commande de dérive ne sert que pour les figures acrobatiques (renversement, tonneaux lents, glissades...). Couplée à une roulette avant orientable, elle assure le « TAXIAGE » au sol. C'est toujours spectaculaire !

Si le modèle n'est pas équipé d'ailerons, (avions de début) la commande de la dérive sert pour la direction : elle est alors reportée sur le manche de droite, à la place de la commande d'ailerons. La profondeur reste à gauche, les gaz à droite. La quatrième voie ne sert à rien. Le pilotage reste ainsi le même qu'aux ailerons. Le passage de l'un à l'autre type de pilotage se faisant sans difficulté, puisque les réflexes sont identiques.

5. Double-commande

Il faut avoir expérimenté ce procédé de pilotage, pour se rendre compte de son grand intérêt. Tout le monde est décontracté : l'élève qui sait que ses blagues n'auront pas de conséquences, le moniteur qui pourra sauver la cellule, sans assommer un élève, pour récupérer l'émetteur auquel celui-ci se cramponne !

Quelques ensembles commerciaux proposent ce dispositif, mais le passage moniteur-élève se fait alors, par la manœuvre de l'interrupteur de l'émetteur moniteur.

Nous avons estimé trop long le temps nécessaire pour commuter le système et reprendre les manches. Nous proposons donc un système automatique :

Le moniteur appuie en permanence sur un poussoir pour « donner le manche » à son élève. En cas d'urgence (et il y en a, croyez-moi !) le moniteur, instinctivement lâche le poussoir, ce qui lui rend les commandes, à son insu. Il devient possible de travailler la prise de terrain et l'atterrissage, ce qui constitue le point essentiel de l'école de pilotage. Tourner, virevolter, faire des cabrioles à 100 m d'altitude c'est très bien. Mais poser proprement, à tous les coups, son taxi sans le casser, c'est mieux et c'est... plus difficile.

Lorsque l'élève aura réussi quelques vols complets (du sol au sol) sans intervention du moniteur, il sera mûr pour le vol « solitaire ».

Vous trouverez aux figures XI-11 et XI-12, les modifications minimes à apporter aux émetteurs. Pour le moniteur, le poussoir « double » simplement l'interrupteur normal. Chez l'élève, une prise de jack supplémentaire est à monter. Nous la plaçons sous le boîtier, en utilisant l'un des trous prévus pour les pieds de caoutchouc. L'émetteur élève doit constamment rester sur arrêt ; autant que possible avec un verrouillage de sécurité (système radio-pilote par ex.). Un cordon de 2 m environ (fil blindé plastifié de microphone, par ex.), terminé par 2 fiches de jack, relie les 2 émetteurs. C'est donc la batterie de l'émetteur moniteur, qui alimente, à tour de rôle, les 2 émetteurs. Dès que le cordon

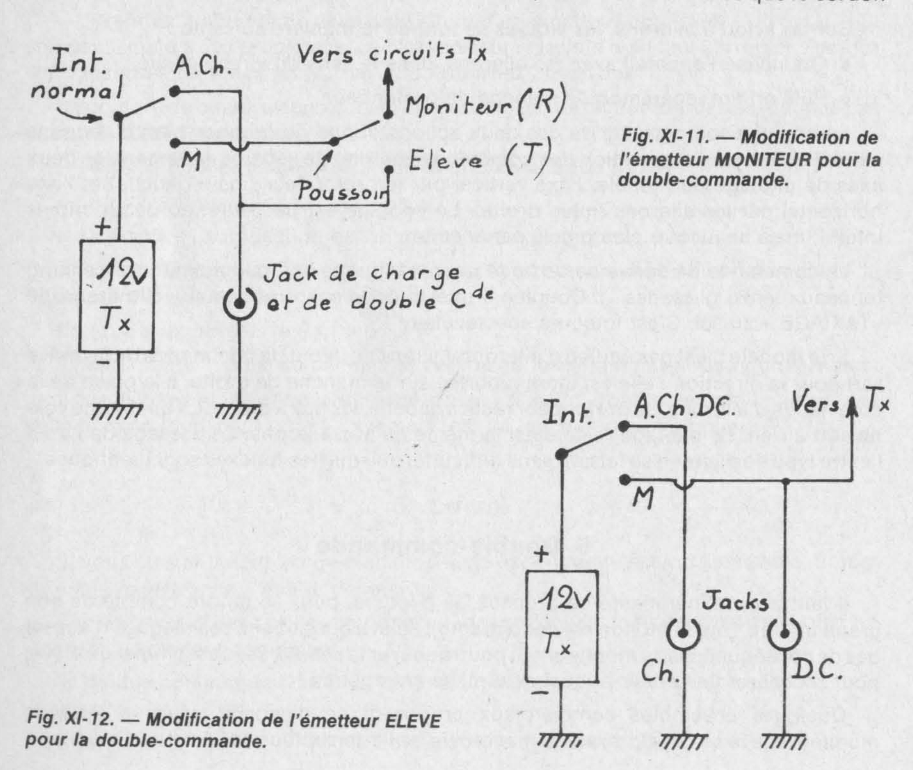


Fig. XI-11. — Modification de l'émetteur MONITEUR pour la double-commande.

Fig. XI-12. — Modification de l'émetteur ELEVE pour la double-commande.

Fig. XI-13. — Système de double-commande par commutation des codeurs.

est branché, l'émetteur élève rayonne, si l'émetteur moniteur est à l'arrêt. Le moniteur allume son émetteur et a les commandes ; il les passera à son élève par le jeu du poussoir.

Ce poussoir, de bonne qualité, à rupture brusque, est placé au bord de la face avant du boîtier, sous le manche de droite.

Il va sans dire que ce système de double-commande, exige deux émetteurs parfaitement identiques : mêmes réglages des neutres, des courses, même ordre des voies, même sens d'action des gouvernes.

De plus, il faut que les 2 Qz soient identiques, pour assurer une liaison sans problème, aussi bien avec un émetteur qu'avec l'autre. Il est donc important de déterminer l'écart de fréquence existant entre les deux quartz utilisés. Cela est facile si l'on dispose des appareils habituels !

a) Le fréquencemètre numérique (pour mémoire).

b) Avec le mesureur de champ et l'oscilloscope :

Mettre les deux quartz sur les deux émetteurs que l'on fera fonctionner en onde pure. Pour cela, relier le plot m du connecteur HF au + 12 V, par une résistance de 15 kΩ. Faire la même modification sur les deux émetteurs que l'on mettra ensuite, simultanément sous tension, à proximité du mesureur de champ. Celui-ci captant en même temps les deux signaux, produira un battement de fréquence égale à la différence de fréquence des deux quartz. Envoyer la sortie du mesureur sur l'entrée verticale de l'oscillo, lequel montre le signal BF engendré. Il reste à déterminer la fréquence du mélange, soit avec l'étalonnage de l'oscilloscope, soit en réalisant les classiques figures de Lissajous, par attaque de l'entrée verticale, par un signal BF issu d'un générateur BF séparé. On aura quelquefois des surprises désagréables. Pourtant, pour assurer une double-commande efficace, l'écart entre les deux quartz ne doit jamais dépasser 1 000 Hz. Placer le quartz ayant servi au calage du récepteur sur l'émetteur du moniteur. Il est préférable, en effet, que les problèmes de portée apparaissent plutôt côté élève que côté moniteur.

Signalons une seconde possibilité d'installation, supprimant ce problème d'appariement des quartz :

Supprimer le tiroir HF de l'émetteur élève. Faire un tiroir fictif, sans composant, mais recueillant par un câble blindé de longueur suffisante, la modulation du codeur. Ce câble blindé est branché sur l'émetteur moniteur, celui-ci pouvant, à son gré, grâce au même poussoir inverseur, choisir sa propre modulation ou celle de l'élève. Cette fois, chaque émetteur a sa propre alimentation, mais seul l'émetteur du moniteur rayonne. La figure XI-13 donne le schéma du dispositif.

EN GUISE DE CONCLUSION

L'ouvrage dont vous achevez la lecture, vous donne la possibilité de construire un nombre considérable d'ensembles de radiocommande.

Bien étudié, il doit permettre à tout un chacun de réaliser l'ensemble de ses rêves... ou même un autre, de sa conception, créé en glanant ici, tel montage et là, tel autre !

Nous avons donné tous les détails importants et... les autres, mais nous avons pris la précaution de vous laisser, à maintes reprises, une certaine initiative, ne voulant pas tomber dans un dirigisme conduisant à la passivité. Quand les choses sont trop faciles, on n'apprend guère. Les difficultés sont bien plus enrichissantes que la réussite immédiate.

Notre époque est malheureusement, et de plus en plus, celle de la facilité ! Parmi les modélistes qui fréquentent les terrains ou le bord de l'eau, rares sont ceux qui ont réalisé eux-mêmes leur « radio ». Il est bien plus simple d'acheter du « tout fait » !

Plus simple, certes ! Mais peu exaltant !

La radiocommande fut, à ses débuts, l'affaire de quelques mordus passionnés. Il serait navrant qu'elle devienne une « affaire »... pour certains, du moins !

Cet ouvrage, sans doute un peu anachronique sur le plan de la philosophie de la chose, prétend lutter contre cette tendance et veut encourager les amateurs encore fiers de leur travail, même s'il est modeste, en leur donnant toutes les chances de le réussir.

Il serait prétentieux d'espérer infléchir la tendance de l'histoire, (celle du modélisme, s'entend !!) mais nous sommes sûrs que si vous lisez attentivement ces lignes, si vous réalisez quelques-uns des montages décrits, vous ferez du chemin à travers les traquenards de cette difficile technique, qu'est la RC !

Convenez-en alors ! faites-le nous savoir !... et ce sera notre plus belle récompense !

F. THOBOIS
F. 1038

APPENDICE

A. Réglementation de la RC

On trouvera dans les pages suivantes le règlement général s'appliquant aux installations de télécommande par radio, des modèles réduits.

On trouvera enfin, les reproductions des formulaires à remplir et à adresser à l'administration pour l'obtention de la licence. Une indication des tarifs en cours en 1975, est également fournie.

DIRECTION DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DU RÉSEAU INTERNATIONAL
Immeuble PTT Bercy
75584 PARIS CEDEX 12
Téléphone: 346 1255

NOTICE

RELATIVE AUX STATIONS DE TELECOMMANDE D'AMATEUR

I – DISPOSITIONS GÉNÉRALES -

Par station de télécommande d'amateur, on entend l'ensemble des installations radioélectriques (émetteurs et récepteurs) appartenant à un même permissionnaire, utilisées en un lieu et destinées uniquement à guider les modèles réduits (avions, bateaux, véhicules divers) au moyen d'ondes radioélectriques.

Une station de télécommande d'amateur ne peut être détenue ou utilisée que par une personne âgée de plus de 16 (seize) ans et titulaire d'une autorisation administrative spéciale.

Toute station de télécommande d'amateur est établie, utilisée et entretenue par les soins et aux risques du permissionnaire. L'Etat n'est soumis à aucune responsabilité à raison de ces opérations.

En règle générale, les stations de télécommande d'amateur ne font pas l'objet d'un contrôle préalable avant mise en service, mais elles doivent être accessibles en tout temps aux fonctionnaires des Ministères de l'Intérieur et des P.T.T. chargés du contrôle.

Elles peuvent être déplacées sur toute l'étendue du territoire métropolitain. Le titulaire de la licence doit, toutefois tenir la Direction des Télécommunications du Réseau International Immeuble PTT-Bercy, 75584 PARIS CEDEX 12, au courant de tout changement de domicile.

Aucun certificat d'opérateur n'est exigé pour manoeuvrer les stations de télécommande d'amateur, mais les permissionnaires peuvent avoir à faire la preuve que les stations satisfont bien aux conditions fixées. Ils doivent être à même de les modifier suivant les prescriptions qui pourraient éventuellement leur être données à cet effet.

II – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES -

Les stations de télécommande d'amateur doivent fonctionner dans l'une des gammes de fréquences suivantes :

26,960 à 27,280 MHz
72,000 à 72,500 MHz
144,000 à 145,000 MHz
436,000 à 437,000 MHz

La fréquence émise doit être aussi stable et aussi exempte de rayonnements non essentiels que l'état de la technique le permet pour une station de cette nature.

La puissance allimentation des stations de télécommande d'amateur est limitée à 5 (cinq) watts.

Par puissance alimentation, on entend la puissance fournie à l'anode (ou aux anodes) du tube (ou des tubes) ou au collecteur (ou aux collecteurs) du transistor (ou des transistors) de l'étage attanquant le dispositif rayonnant.

Les émetteurs et les récepteurs ne doivent être la cause d'aucune gêne pour les récepteurs voisins. En particulier, les récepteurs du type super-réaction doivent être conçus et réalisés de façon à éviter tout rayonnement nuisible et comporter obligatoirement un étage séparateur entre le dispositif oscillateur et le collecteur d'ondes.

Les permissionnaires devront supporter les brouillages susceptibles de se produire du fait de l'utilisation d'autres stations radioélectriques, et notamment du fait des applications industrielles,scientifiques ou médicales de l'énergie électrique utilisant la bande de fréquences comprise entre 26,960 et 27,280 MHz.

III – TAXES -

Toute demande d'autorisation d'émission est soumise à une taxe dite «taxe de constitution de dossier». De plus les stations de télécommande sont assujetties à une taxe annuelle de contrôle. Cette taxe de contrôle est due pour l'année entière (année civile du 1er Janvier au 31 Décembre) quelle que soit la date de la mise en service de la station et la durée assignée à l'autorisation. Elle doit être acquittée dans tous les cas même s'il n'est pas fait usage de l'installation.

IV – AUTORISATIONS -

L'établissement des stations radioélectriques privées de toute nature servant à assurer l'émission, la réception ou à la fois l'émission et la reception de signaux et de correspondance est subordonnée à une autorisation administrative spéciale (Code des P.T.T. article L. 89).

Les autorisations accordées ne comportent aucun privilège et ne peuvent faire obstacle à ce que des autorisations de même nature soient accordées ultérieurement à un pétitionnaire quelconque.

Elles sont délivrées sans garantie contre la gêne mutuelle qui serait la conséquence du fonctionnement simultané d'autres stations.

L'autorisation de détenir et d'utiliser une station de télécommande d'amateur est délivrée, sous forme de «LICENCE D'AMATEUR RESTREINTE A LA TELECOMMANDE» après paiement de la taxe de constitution de dossier et de la taxe de contrôle pour l'année en cours.

La licence se renouvelle d'année civile en année civile, par tacite reconduction contre paiement de la taxe annuelle de contrôle.

Les relevés de taxes sont envoyés au début de chaque année par le Comptable intéressé. La taxe doit être acquittée dans le mois qui suit l'envoi du relevé.

V – ANNULATIONS - RÉSILIATIONS -

Les licences d'amateur restreintes à la télécommande sont accordées à titre précaire. Elles peuvent être retirées à tout moment sans justification ni indemnité. Il en est notamment ainsi - sans préjudice des poursuites judiciaires - si la station est utilisée pour transmettre ou recevoir des correspondances ou si elle apporte un trouble quelconque au fonctionnement des radiocommunications des services publics .

Outre le cas de retrait par l'autorité administrative, une autorisation peut être annulée sur demande du titulaire .

Si celui-ci désire l'annulation de sa licence et ne pas acquitter la taxe de contrôle afférente à l'année suivante, il doit en aviser la Direction des Télécommunications du Réseau International au plus tard le 15 Décembre .

A défaut d'une telle demande, cette taxe mise en recouvrement dans les conditions normales (voir article IV) sera exigible .

Dans tous les cas, le titulaire de la licence annulée doit retourner la licence devenue sans objet au service qui l'a délivrée. Il doit en outre remplir et signer un engagement de non utilisation s'il conserve sa station. Il doit aussi, en application des dispositions de l'article 2 du Décret numéro 70-1171 du 15 Décembre 1970 (J.O. du 17 Décembre 1970) effectuer une déclaration de détention au commissariat de police ou à la brigade de gendarmerie de son domicile ou, à défaut, de sa résidence pour le ou les appareils inutilisé(s) .

VI – CESSIONS - TRANSFERTS -

Les licences d'amateur restreintes à la télécommande ne peuvent être transférées à des tiers.

Toute cession, même gratuite, d'une station de télécommande d'amateur doit être déclarée dans le délai d'un mois à compter du jour de la cession, par lettre recommandée avec demande d'avis de réception, adressée au Service chargé de la délivrance des licences. Le cédant doit s'assurer de l'identité du cessionnaire et faire mention dans sa déclaration des nom, prénom, date, lieu de naissance et domicile ou, à défaut résidence de l'acquéreur .

VII – DISPOSITIONS PÉNALES -

Code des P.T.T. - Article L. 39

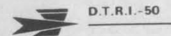
« Quiconque transmet, sans autorisation, des signaux d'un lieu à un autre, soit à l'aide d'appareils de télécommunication, soit par tout autre moyen, est puni d'un emprisonnement d'un mois à un an et d'une amende de 3 600 à 36 000 F.

En cas de condamnation, le Ministre des Postes et Télécommunications peut ordonner la destruction des installations ou moyens de transmission.

Les dispositions du présent article sont applicables aux infrations commises en matière d'émission et de réception des signaux radioélectriques de toute nature. »

Article L. 42

« Toute personne qui, sans l'autorisation de l'expéditeur, ou du destinataire , DIVULGUE, PUBLIE ou UTILISE le contenu des correspondances transmises par la voie radioélectrique ou REVELE leur existence est punie des peines portées à l'article 378 du code pénal. »



D.T.R.I.-50

POSTES ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

DIRECTION DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DU
RÉSEAU INTERNATIONAL

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

A joindre en 4 exemplaires à une demande d'autorisation pour l'établissement d'une station radioélectrique
d (1)

Nom et prénoms (2) :

Nationalité :

Date de naissance :

Lieu de naissance :

Domicile actuel :

N° de téléphone du lieu de travail : du domicile :

Domiciles antérieurs depuis 10 ans :

du au

du au

du au

Professions exercées depuis 10 ans :

du au

du au

du au

Diplômes d'opérateur (éventuellement) :

Je, soussigné, certifie l'exactitude des renseignements indiqués ci-dessus.

A le

Signature :

En vue d'éviter des déplacements répétés aux fonctionnaires chargés de prendre contact avec l'intéressé, il lui est conseillé d'indiquer au verso toutes indications permettant de l'atteindre facilement.

(1) Préciser d'amateur ou de télécommande.
(2) Souligner le prénom usuel.

4 112128 0 O.F

DEMANDE DE LICENCE D'AMATEUR

RESTREINTE A LA TELECOMMANDE DES MODELES REDUITS

Je soussigné

Né le

adresse

sollicite, conformément aux dispositions législatives et réglementaires en vigueur résumées dans la notice relative aux stations de télécommande d'amateur, la délivrance d'une licence d'amateur restreinte à la télécommande des modèles réduits et m'engage à observer toutes les conditions figurant dans cette notice.

Caractéristiques de la station :

Marque (1) :

Type :

Nom du revendeur :

Fréquence :

Puissance :

Nombre de canaux :

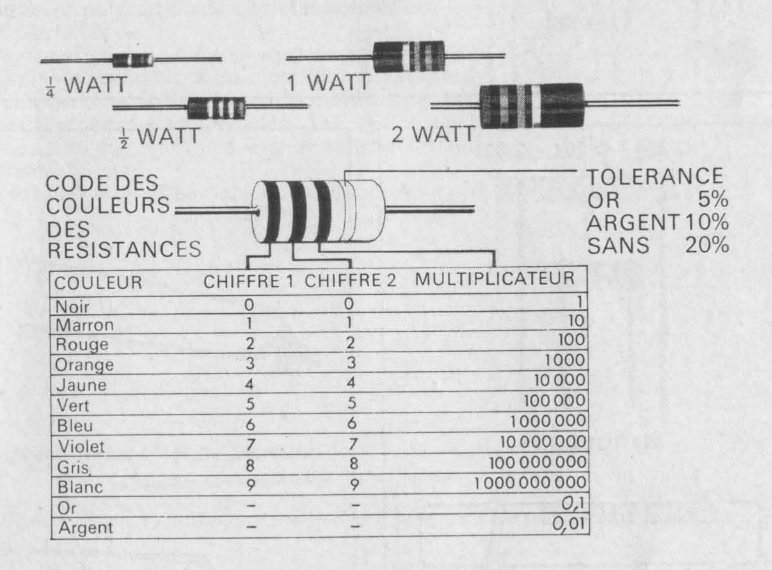
A le

Signature

(1) Le cas échéant, indiquer si la station a été construite par le demandeur.

La demande d'autorisation établie sur les formulaires joints doit être adressée à la Direction des Télécommunications du Réseau International Immeuble PTT Bercy 75584 PARIS CEDEX 12, accompagnée d'un virement postal (3 volets), d'un chèque bancaire ou d'un mandat-lettre de 26,25 F établi au nom du chef de Centre de Comptabilité des Télécommunications du Réseau International (CCP 9041.99 PARIS), représentant la taxe de constitution de dossier (8,75 F) et la taxe de contrôle due pour l'année civile en cours (17,50 F). (Le montant de ces taxes est celui en vigueur en 1975.)

B. Quelques documents relatifs aux composants utilisés dans les ensembles décrits



COULEUR	CHIFFRE 1	CHIFFRE 2	MULTIPLICATEUR
Noir	0	0	1
Marron	1	1	10
Rouge	2	2	100
Orange	3	3	1000
Jaune	4	4	10 000
Vert	5	5	100 000
Bleu	6	6	1 000 000
Violet	7	7	10 000 000
Gris	8	8	100 000 000
Blanc	9	9	1 000 000 000
Or	–	–	0,1
Argent	–	–	0,01

Présentation et marquage d'une résistance

Séries de valeurs ohmiques standards et tolérances associées

Conformes à la recommandation de la C.E.I. (Publication 63) et à la CCTU 01-05 • Code des tolérances (D.F.G.J.K.M.) selon CCTU FD7

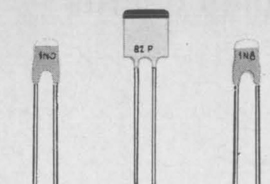
Tableau 4

E 24	E 12	E 6	E 24	E 12	E 6	E 24	E 12	E 6	E 24	E 12	E 6
J = ± 5%	K = ± 10%	M = ± 20%	J = ± 5%	K = ± 10%	M = ± 20%	J = ± 5%	K = ± 10%	M = ± 20%	J = ± 5%	K = ± 10%	M = ± 20%
1,0	1,0	1,0	1,8	1,8		3,3	3,3	3,3	5,6	5,6	
1,1			2,0			3,6			6,2		
1,2	1,2		2,2	2,2	2,2	3,9	3,9		6,8	6,8	6,8
1,3			2,4			4,3			7,5		
1,5	1,5	1,5	2,7	2,7		4,7	4,7	4,7	8,2	8,2	
1,6			3,0			5,1			9,1		

Selon la CCTU 05-01A, la tolérance M = ± 20% est exceptionnelement associée à la série E3 : 1 - 2,2 - 4,7.

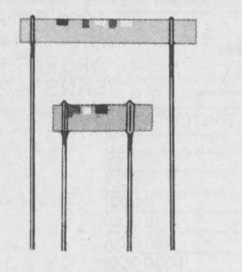
Valeurs normalisées des résistances

C 331 - C 333 - C 332

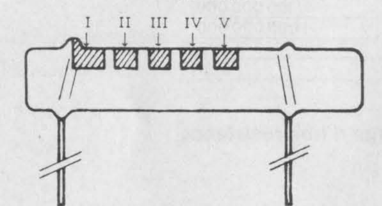


Céramiques plaquettes subminiatures de COGECO. Accords H.F.

C 304 - C 301 - C 321



MARQUAGE :



C 304 : Code des couleurs.

I : Coefficient de température - point de couleur ou bande colorée plus large que les autres :
Noir 0.10-⁶/°C
Violet — 750 10-⁶/°C

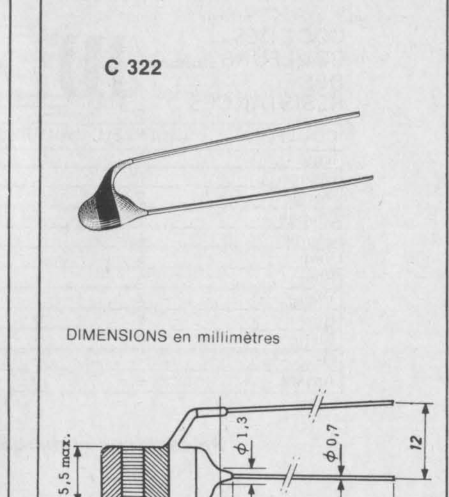
II - III - IV : Valeur de la capacité. Code habituel des couleurs (norme UTE)

V : Tolérance sur la capacité :
± 5 % : vert (C > 10 pF)
± 1 pF : blanc
± 0,5 pF : vert (C < 10 pF)
± 0,25 pF : rouge

C 301 : code habituel des couleurs. Le premier chiffre est indiqué par une bande colorée double des 2 autres.

Céramiques tubulaires de COGECO. Usages en H.F. Accords découplages.

C 322



MARQUAGE :

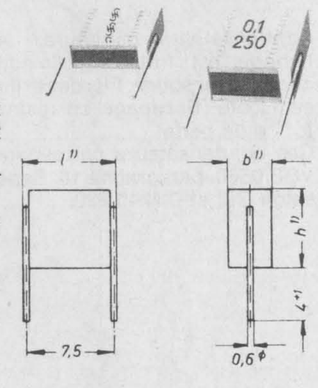
Au code des couleurs. La lecture se fait en commençant par l'anneau opposé aux connexions.

Céramiques perles de COGECO. Découplages H.F.

Condensateurs MKM **B 32 540**

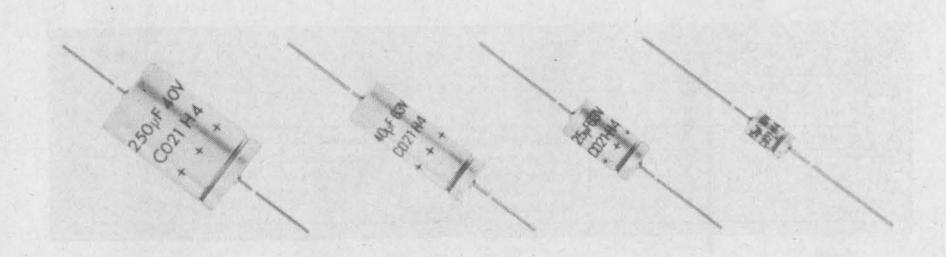
Modèle standard

Condensateurs auto-cicatrisants à couches. Leur diélectrique est en polycarbonate. La norme DIN 41 379 les désigne par MKC.
Protection mécanique : Elle est réalisée par une plaquette isolante vernie, lors du montage on veillera à laisser une certaine distance entre le condensateur et les autres composants sous tension.
Les sorties sont étamées, parallèles et enfichables sur une grille de 7,5 mm.
Ils peuvent être montés sur les circuits imprimés d'un seul côté.



Les polycarbonates MKM de Siemens

Utilisation : Partout où une valeur précise (5 %) et stable est nécessaire. Non polarisés.



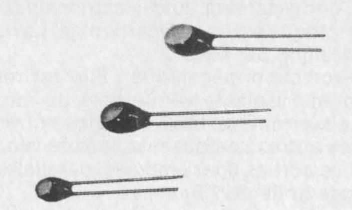
Condensateurs chimiques tubulaires classiques

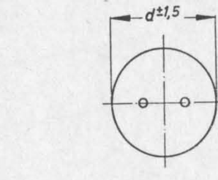
Utilisation : Constantes de temps importantes et surtout découplages des alimentations. Attention à la polarité. Ne pas dépasser la tension de service indiquée.

Condensateurs électrolytiques **B 45 134**

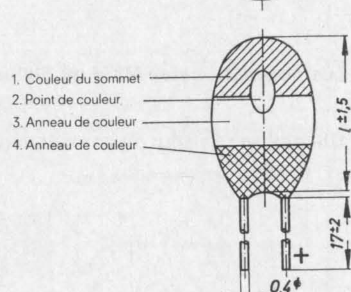
Type miniature au tantale fritté (sec)
Modèle standard 3 à 35 V—

Condensateurs miniatures au tantale, dont l'anode est frittée et l'électrolyte un semi-conducteur solide. Fils de sortie parallèles sur un seul côté. Enrobage en résine synthétique en forme de perle.
Ces condensateurs correspondent à la norme VDE 0560, paragraphe 16. Repère de la capacité selon CEI et DIN 40 820.



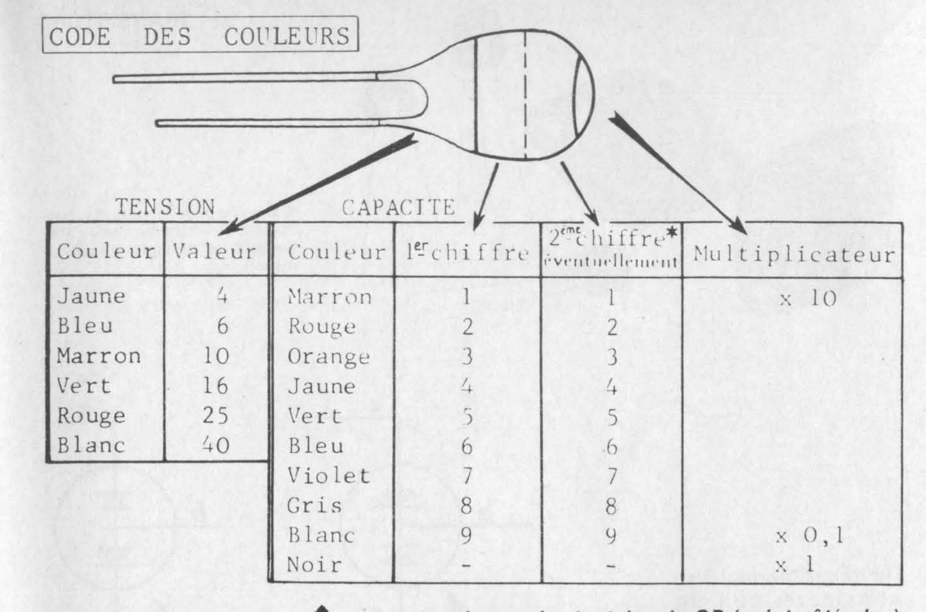


Les condensateurs perles au tantale sont utilisés en liaisons, en découplages, en constantes de temps, partout où une forte capacité et de très faibles dimensions sont nécessaires. Attention à la polarité.



Code de couleur	1. Couleur du sommet ≙ 1. chiffre	Capacité nominale 2. Point de couleur ≙ coëfficient de multiplication et repère de la polarité	3. Anneau de couleur ≙ 2. chiffre	4. Anneau de couleur ≙ tension nominale V—
brun	1	× 10 µF	1	—
rouge	2	× 100 µF	2	—
orange	3	—	3	—
jaune	4	—	4	6,3
vert	5	—	5	16
bleu	6	—	6	20
violet	7	—	7	—
gris	8	× 0,01 µF	8	25
blanc	9	× 0,1 µF	9	3
noir	–	× 1,0 µF	0	10
rose	–	—	–	35

Les perles tantales de Siemens

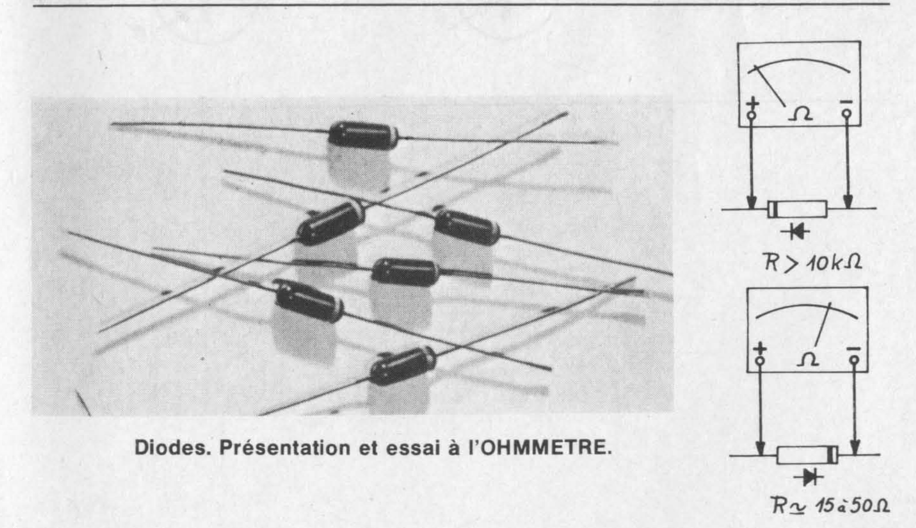


Couleur	Valeur
Jaune	4
Bleu	6
Marron	10
Vert	16
Rouge	25
Blanc	40

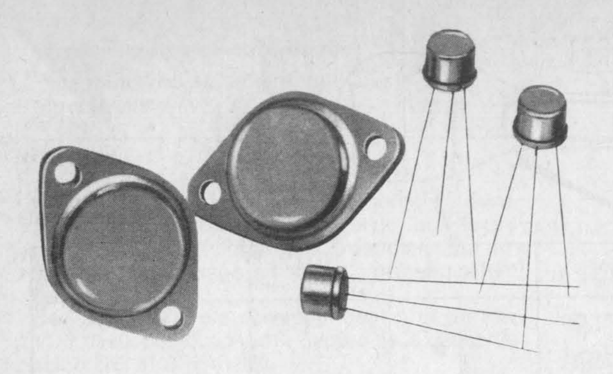
Couleur	1er chiffre	2ème chiffre* éventuellement	Multiplicateur
Marron	1	1	x 10
Rouge	2	2	
Orange	3	3	
Jaune	4	4	
Vert	5	5	
Bleu	6	6	
Violet	7	7	
Gris	8	8	
Blanc	9	9	x 0,1
Noir	-	-	x 1

Les perles tantales de GP (point côté plus).

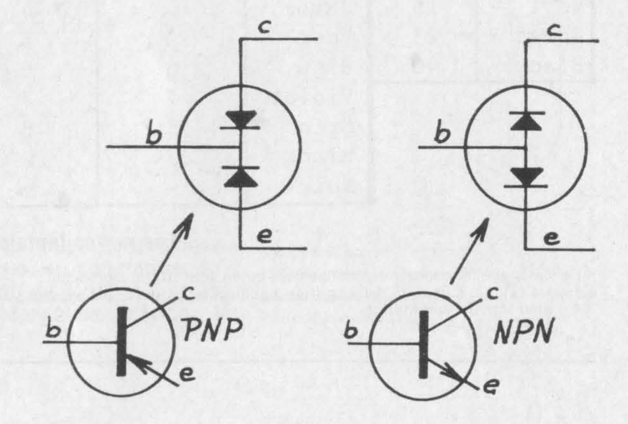
* Le marquage ne comporte généralement qu'un seul chiffre significatif.
Lorsque celui-ci comporte deux chiffres significatifs, ceux-ci sont séparés par une virgule.
Ex. : Bleu Marron Vert Marron
6 Volts 1, 5 × 10



Diodes. Présentation et essai à l'OHMMETRE.



N. B. : Voir page 35, fig.III-6, le brochage de tous les transistors utilisés dans les montages de cet ouvrage.



Un transistor peut être considéré comme l'association de deux diodes. La vérification de ces 2 diodes à l'ohmmètre est donc un test significatif de la qualité du transistor.

ACHEVÉ D'IMPRIMER
SUR LES PRESSES DE LA
SOCIÉTÉ PARISIENNE
D'IMPRIMERIE
70, rue Compans - 75019 PARIS
Dépot légal : 1er trimestre 1979
N° éditeur : 232 - N° imprimeur : 80

7 000 ex

ETSF